

RICOSTRUZIONE DI SERBATOIO SOPRAELEVATO IN FRAZIONE COLOGNA PAESE DEL COMUNE DI ROSETO DEGLI ABRUZZI CUP:F92E25000050005

PROGETTO DI FATTIBILITÀ' TECNICO ECONOMICO

Prog. elab.	Oggetto:	Scala:
10	RELAZIONE DI CALCOLO	Data: Giugno 2025

CODICE IDENTIFICATIVO	Codice Opera	Num. Lotto	Codice Commessa	Fase	Settore	N. Elaborato	Rev.	
	A	0	24021.22	PFTE	SR	01		

AGGIORNAMENTI					
Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Approvazione



INGEGNERIA
MARTEGIANI

TPS INGEGNERIA s.r.l.

via Campana n. 4 - 64100 TERAMO
Tel. 0861.246130
e-mail: info@tpsingegneria.it
PEC: tpsingegneria@pec.it
www.tpsingegneria.it

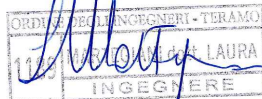


UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018



RESPONSABILE DEL PROGETTO
COORDINAMENTO E INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
Ing. Laura MARTEGIANI

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:
Arch. Lia MARTEGIANI
PROGETTAZIONE STRUTTURALE:
Ing. Andrea LUPINETTI
Ing. Stefano SAVINI
COORDINAMENTO SICUREZZA:
Ing. Paolo FIENI
COMPUTISTA:
Ing. Federico Di Marco



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Berardo Nardi	APPROVATO:
---	------------

1 PREMESSA.....	2
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3 METODO E CODICI DI CALCOLO.....	4
4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
5 INDICAZIONE PER IL SERRAGGIO DELLE UNIONI BULLONATE.....	7
6 PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE.....	7
7 PANNELLI PER COPERTURA.....	7
8 DURABILITA'.....	8
9 AZIONI.....	10
9.1 ELEMENTI STRUTTURALI.....	10
9.2 ELEMENTI NON STRUTTURALI.....	10
9.2.1 Copertura.....	10
9.2.2 Peso dell'acqua.....	11
9.2.3 Rivestimento architettonico.....	12
9.2.4 Massetto.....	13
9.3 CARICHI VARIABILI.....	13
9.3.1 CARICO NEVE.....	13
9.3.2 AZIONE DEL VENTO.....	13
9.3.3 AZIONE SISMICA.....	19
10 COMBINAZIONI DI CARICO.....	26
11 SCHEMATIZZAZIONE E MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....	28
11.1 MODELLO DELLA STRUTTURA.....	28
11.2 SECONDO MODELLO STRUTTURA CON FONDAZIONI.....	29
11.3 ANALISI MODALE.....	29
12 VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITA' ELEMENTI.....	32
12.1 Copertura.....	32
12.2 Controventi.....	34
12.2 Trave di piano.....	36
12.3 Setti.....	37
12.4 Anelli di irrigidimento.....	39
12.5 Piastra di base.....	41
12.6 Pareti verticali esterne serbatoio.....	44
12.7 Pareti verticali interne serbatoio.....	46
12.8 Piastra di ispezione.....	48
12.10 Scala.....	51
12.10.1 Trave principale.....	51
12.10.2 Trave secondaria.....	52
13 ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI.....	53
14 CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI.....	58

1. PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla realizzazione di un serbatoio sopraelevato in cemento armato realizzato a Cologna Paese nel comune di Roseto degli Abruzzi (TE) ad una quota di 226 m s.l.m.

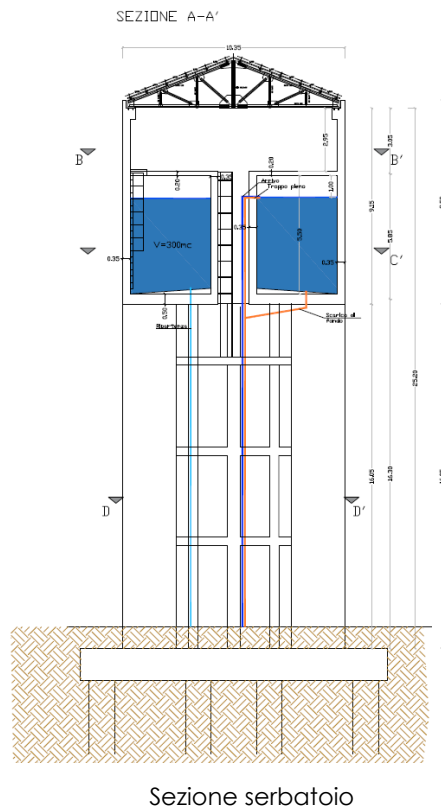
L'opera sarà costituita da una struttura in cemento armato fatta eccezione per la copertura in acciaio.

I principali elementi strutturali sono:

- Fondazione in c.a., di tipo platea su pali, con spessore da 1,5 m;
- Setti in c.a. con sezione in pianta 2,5 x 0,6 e altezza totale pari a 16,05 m;
- Anelli in c.a. circolari con spessore da 0,4 m;
- Piastra di base della vasca in c.a. circolare con spessore da 0,5 m;
- Pareti verticali interne ed esterne al serbatoio con spessore da 0,35 m;
- Piastra di ispezione in c.a. circolare con altezza da 0,2 m;
- Copertura in acciaio.

La sottostruttura è costituita da una platea su pali, con diametro da 14,3 m ed un'altezza da 1,5 m posta su pali di 1,2 m di diametro e lunghi 24 m. Il serbatoio presenta una geometria in pianta circolare con diametro da 10 m ed un'altezza complessiva di 27,5 m.

Tale relazione costituisce parte integrante dei disegni esecutivi di progetto nei quali sono riportate le caratteristiche geometriche delle sezioni strutturali. Tutte le calcolazioni e le verifiche sono state eseguite adottando il metodo semiprobabilistico degli stati limite.



2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le verifiche riportate nella presente relazione sono stati condotti con riferimento a quanto disposto dalle seguenti norme:

- Legge 5 novembre 1971, n.1086 – “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
 - Ministero dei Lavori Pubblici, Circolare n.11951, 14 febbraio 1974 – “Istruzioni relative alla Legge 5 novembre 1971”;
 - Legge 2 febbraio 1974, n.64 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
 - D.M. 17 gennaio 2018 pubblicato su S.O. n.8 alla G.U. 20 febbraio 2018, n.42 – “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”;
 - Circolare 21 gennaio 2019 n.7 – “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
 - Eurocodice 2 - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”;
 - Eurocodice 3 – “Progettazione delle strutture in acciaio”.
 - Eurocodice 8 – “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture”
- Parte 4: Silos, serbatoi e tubazioni

3. METODO E CODICI DI CALCOLO

Le calcolazioni sono state condotte adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite; la valutazione della sicurezza e la progettazione della costruzione è stata eseguita con riferimento agli stati limite ultimi SLU (statici e sismici per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV) e agli stati limite di esercizio (statici e sismici per lo stato limite di danno SLD).

Per quanto riguarda lo stato limite di esercizio sono state anche esaminate le deformate.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme, in particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU e SLV) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dalle NTC2018 per i vari tipi di materiale;
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio.
- la sicurezza nei confronti dello stato limite di danno (SLD) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno
- la robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.

L'analisi strutturale condotta è del tipo Dinamica Lineare con l'ipotesi di struttura dissipativa (CD "B") con fattore di struttura q pari ad 2,4. La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di codici di calcolo automatici per l'analisi strutturale. Tali codici sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

In particolare si è utilizzato il seguente programma di calcolo:

Titolo:	MASTERSAP
Autore:	AMV S.r.l.
Versione:	2024

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

CALCESTRUZZO MAGRONE:

Classe di resistenza C12/15

Classe di esposizione XC0

CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE:

Classe di resistenza C25/30

Classe di esposizione XC2

Classe di consistenza S4

Copriferro minimo $c=5$ cm

Diam. Max. aggregato $D_{max} = 32$ mm

Contenuto min. cemento 300 kg/mc

Max. rapporto a/c 0,60

CALCESTRUZZO PER PLATEA DI FONDAZIONE:

Classe di resistenza C35/45

Classe di esposizione XC4

Classe di consistenza S4

Copriferro minimo $c=4$ cm

Diam. Max. aggregato $D_{max} = 32$ mm

Contenuto min. cemento 340 kg/mc

Cemento a basso calore di idratazione tipo LH

Max. rapporto a/c 0,50

CALCESTRUZZO PER SETTI ED ANELLI:

Classe di resistenza C35/45

Classe di esposizione XC4

Classe di consistenza S4

Copriferro minimo $c=4$ cm

Diam. Max. aggregato $D_{max} = 25$ mm

Contenuto min. cemento 340 kg/mc

Max. rapporto a/c 0,50

CALCESTRUZZO SERBATOIO PIASTRA DI BASE:

Classe di resistenza C35/45

Classe di esposizione XD2

Relazione di calcolo

Classe di consistenza S4
Copriferro minimo $c=4$ cm
Diam. Max. aggregato $D_{\max} = 25\text{mm}$
Contenuto min. cemento 340 kg/mc
Cemento a basso calore di idratazione tipo LH
Max. rapporto a/c 0,50

CALCESTRUZZO SERBATOIO PARETI VERTICALI:

Classe di resistenza C35/45
Classe di esposizione XD2
Classe di consistenza S5
Copriferro minimo $c=4$ cm
Diam. Max. aggregato $D_{\max} = 25\text{mm}$
Contenuto min. cemento 340 kg/mc
Max. rapporto a/c 0,50

CALCESTRUZZO SERBATOIO PIASTRA DI ISPEZIONE:

Classe di resistenza C35/45
Classe di esposizione XD2
Classe di consistenza S4
Copriferro minimo $c=4$ cm
Diam. Max. aggregato $D_{\max} = 25\text{mm}$
Contenuto min. cemento 340 kg/mc
Max. rapporto a/c 0,50

ACCIAIO ORDINARIO PER C.A.:

B450C

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA:

ACCIAIO S275J0

Tensione caratteristica di snervamento a trazione $f_{yk} > 275 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura per trazione $f_{tk} > 430 \text{ N/mm}^2$
Classe di esecuzione opere in carpenteria metallica EXC2

BULLONERIA:

Classe di resistenza 8.8

SALDATURE:

Tutte le saldature dovranno essere a completa penetrazione di prima classe, salvo dove diversamente indicato. Materiale base S275.

CLASSE DI ESECUZIONE EXC2

5. INDICAZIONE PER IL SERRAGGIO DELLE UNIONI BULLONATE

Procedere come segue:

- Serrare i bulloni con una coppia pari al 60% di quanto prescritto, iniziando dai bulloni più interni e procedendo verso l'esterno;
- Ripetere l'operazione sopra descritta serrando completamente i bulloni;
- Non è ammesso il serraggio con chiave a mano;
- Eseguire il controllo della coppia applicata.

Le coppie di serraggio possono essere ricavate dalla tabella seguente:

Tabella 4.2.XVI – Coppie di serraggio per i bulloni 8.8

Viti 8.8 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	k=0.10	k=0.12	k=0.14	k=0.16	$F_{p,C}$ [kN]	A_{res} [mm ²]
M12	56.6	68.0	79.3	90.6	47.2	84.3
M14	90.2	108	126	144	64.4	115
M16	141	169	197	225	87.9	157
M18	194	232	271	310	108	192
M20	274	329	384	439	137	245
M22	373	448	523	597	170	303
M24	474	569	664	759	198	353
M27	694	833	972	1110	257	459
M30	942	1131	1319	1508	314	561
M36	1647	1976	2306	2635	457	817

6. PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE

La protezione contro la corrosione dovrà avvenire mediante:

Zincatura a caldo di manufatti in acciaio per la protezione contro la corrosione mediante immersione in vasche contenenti zinco fuso alla temperatura di circa 450 °C, previo decappaggio, lavaggio, ecc, e quanto altro necessario per ottenere un prodotto finito secondo le specifiche UNI-EN-ISO 146.

7. PANNELLI PER COPERTURA.

Il pannello di copertura considerato è composto dal seguente pacchetto:



Dall'analisi dei carichi risulta un peso permanente pari a 9.2 kg/m^2

ANALISI DEI CARICHI COPERTURA		
LAMIERA GRECATATA	3,14	Kg/m^2
ISOLANTE	4	Kg/m^2
LASTRA DI CHIUSURA	2,06	Kg/m^2
CARICO TOTALE	9,2	Kg/m^2

8. DURABILITA'

Particolare cura è stata posta per garantire la durabilità degli interventi progettati, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere garantite solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera; si dovranno, inoltre, utilizzare tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture.

La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Per le strutture in calcestruzzo armato di nuova realizzazione si è fatto riferimento alle prescrizioni delle NTC 2018, alle norme UNI 11104 e EN206 prestando cura alla scelta della classe di resistenza del calcestruzzo, del massimo rapporto acqua cemento, del minimo copri ferro ecc....

Lo stesso è stato fatto per la parte strutturale in carpenteria metallica. La struttura in acciaio sarà zincata.

9. AZIONI

I valori delle azioni considerati nei calcoli sono quelli previsti dal D.M. 17.01.2018. In particolare sono stati considerati i carichi elementari di seguito riportati:

9.1 ELEMENTI STRUTTURALI

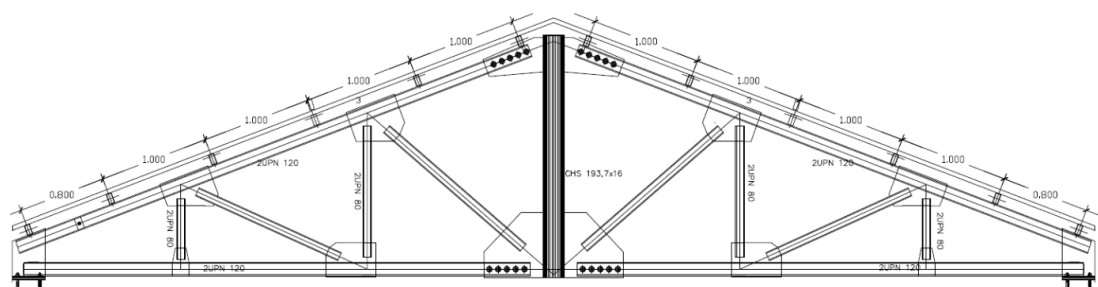
- Peso calcestruzzo armato 2500 kg/m^3
- Peso acciaio 7850 kg/m^3

Il carico permanente G_{k1} è costituito quindi dal peso proprio degli elementi strutturali che vengono calcolati in automatico dal software di calcolo.

Per quanto riguarda la copertura in questa fase gli arcarecci non sono stati modellati ma considerati come carichi concentrati moltiplicando il loro peso unitario kN/m per la lunghezza dei singoli arcarecci.

9.2 ELEMENTI NON STRUTTURALI

9.2.1 Copertura



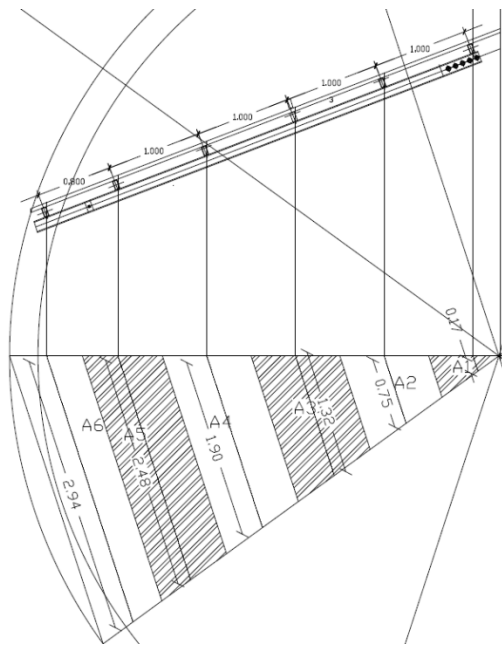
Copertura

Per la copertura sono stati considerati i seguenti pesi:

- peso permanente portato pacchetto di copertura: $0,01 \text{ kN/m}^2$
- peso proprio arcarecci (scatolare $100 \times 40 \times 3$): $0,06 \text{ kN/m}$
- carico neve: 1 kN/m^2
- carico vento: $0,84 \text{ kN/m}^2$ (carico di compressione sulla copertura)

ANALISI DEI CARICHI		
Pannello di copertura		
GK2	0,01	kN/m^2
PESO ARCARECCI SCATOLARE		
100X40X3		
GK1	0,06	kN/m
NEVE		
Qk	1,00	kN/m^2
VENTO		
Qk	0,84	kN/m^2

Tali carichi sono stati applicati come carichi concentrati sulle travi delle capriate, moltiplicando i valori sopra indicati per le rispettive aree di influenza riportate in figura.



AREE DI INFLUENZA	
A1	0,16 m ²
A2	0,66 m ²
A3	1,175 m ²
A4	1,686 m ²
A5	1,96 m ²
A6	2,14 m ²

CARICHI SU NODI					
N1			N5		
Gk1	0,01	KN	Gk1	0,17	KN
Gk2	0,002	KN	Gk2	0,02	KN
Qk neve	0,17	KN	Qk neve	2,10	KN
Qk vento	0,13	KN	Qk vento	1,65	KN
N2			N6		
Gk1	0,05	KN	Gk1	0,20	KN
Gk2	0,01	KN	Gk2	0,02	KN
Qk neve	0,71	KN	Qk neve	2,29	KN
Qk vento	0,55	KN	Qk vento	1,80	KN
N3					
Gk1	0,09	KN			
Gk2	0,01	KN			
Qk neve	1,26	KN			
Qk vento	0,99	KN			
N4					
Gk1	0,13	KN			
Gk2	0,02	KN			
Qk neve	1,81	KN			
Qk vento	1,42	KN			

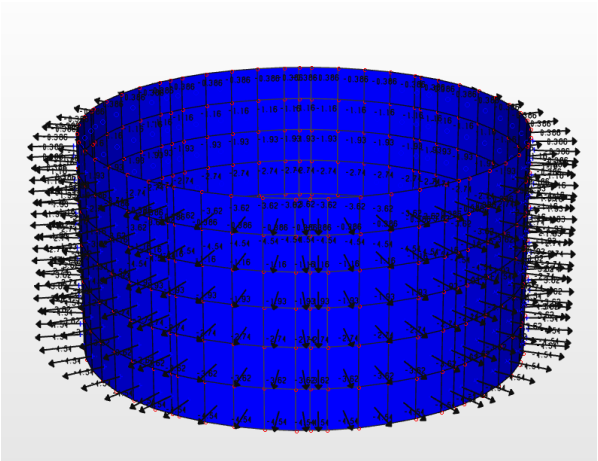
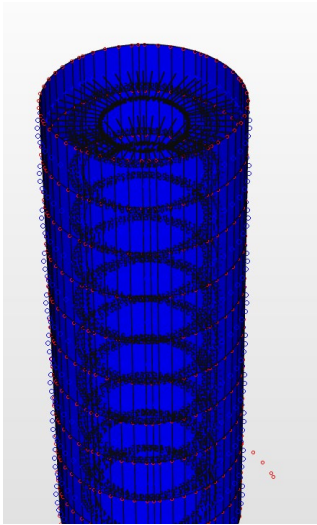
Carichi su copertura

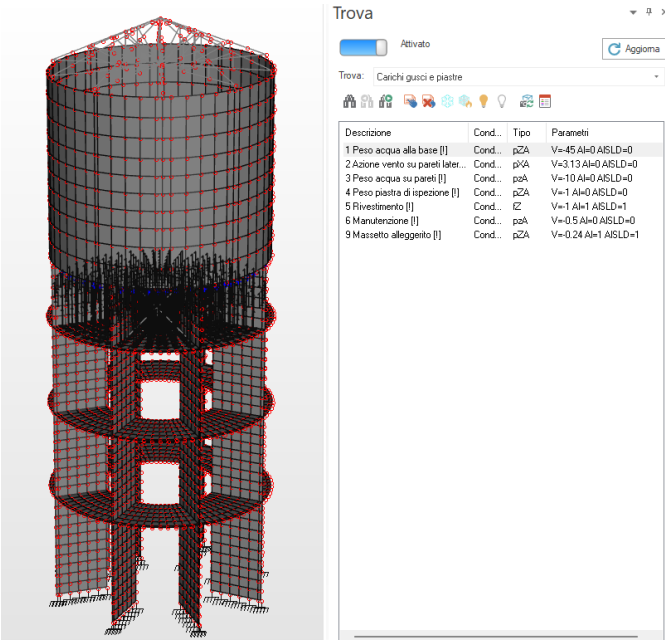
9.2.2 Peso dell'acqua

Il carico dell'acqua è stato considerato come carico uniformemente distribuito sulla base del serbatoio e come carico triangolare uniformemente distribuito sulle pareti verticali. Considerando l'altezza all'interno del serbatoio dell'acqua pari a 4,5 m.

ANALISI DEI CARICHI ACQUA	
PESO ACQUA	
γ	10 KN/m ³
Gk1 h acqua	45 KN/m ²

Di seguito si riporta il peso dell'acqua sulle pareti del serbatoio e sulla piastra di base.



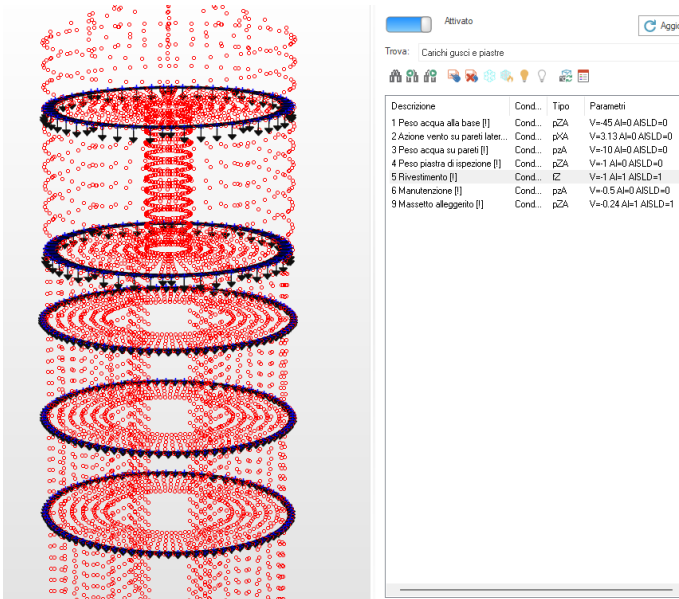


Peso acqua

9.2.3 Rivestimento architettonico

Il carico del rivestimento strutturale è stato preso pari a 1 kN/m² ed è stato applicato come carico al metro lineare sugli anelli di irrigidimento e sulle piastre orizzontali considerando le lunghezze di influenza.

ANALISI RIVESTIMENTO		
STIMA RIVESTIMETNO		
GK2	1	kN/m^2
i1 primo anello	4,6	m
i2 secondo anello	4,20	m
i3 terzo anello	3,45	m
i4 piastra di base	4,275	m
i5 piastra di ispezione	5,625	m



Peso rivestimento

9.2.4 Massetto

Il peso del massetto è stato applicato come carico uniformemente distribuito sulla piastra di base

ANALISI DEI CARICHI ACQUA		
massetto		
Gk2	0,24	KN/m^2

9.3 CARICHI VARIABILI

9.3.1 CARICO NEVE

Il carico provocato dalla neve sulla copertura è stato valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

C_E è il coefficiente di esposizione;

C_t è il coefficiente termico.

Viene riportata l'azione

Regione: Abruzzo

Altezza s.l.m.: 226 m s.l.m.

Inclinazione della falda: 21°

C_E : 1

C_t : 1

Zona: II

Carico neve al suolo: 1.04 kN/mq

Per la valutazione del coefficiente di forma della copertura μ_i si è fatto riferimento alla Tab.3.4.II dalla normativa assumendo come valore di $\mu_i = 0,8$.

Pertanto il CARICO NEVE SULLA COPERTURA sarà pari a: 0,83 kN/m².

Il valore adottato $Q_{k \text{ neve}}$ è stato preso pari a 1 kN/m² applicato come carico concentrato in copertura.

9.3.2 AZIONE DEL VENTO

L'azione del vento è convenzionalmente ricondotta ad azioni statiche equivalenti.

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

- q_b è la pressione cinetica di riferimento;
 c_e è il coefficiente di esposizione;
 c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
 c_d è il coefficiente dinamico

La pressione cinetica di riferimento è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 \quad [3.3.6]$$

dove

v_r è la velocità di riferimento del vento di cui al § 3.3.2;

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Esprimendo ρ in kg/m³ e v_r in m/s, q_r risulta espresso in N/m².

Per quanto riguarda la valutazione dei restanti coefficienti necessari per trovare la velocità base di riferimento si riporta la tabella Tab 3.3.I presente in Normativa.

Tab. 3.3.I -Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

c_e è il coefficiente di esposizione e dipende dall'altezza z dal suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dall'esposizione del sito in cui sorge la costruzione. Esso viene valutato come segue a seconda della categoria di esposizione del sito d'interesse. La categoria di esposizione viene valutata in funzione della classe di rugosità Tab.3.3.III e dalla distanza dal mare

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

ZONE 1,2,3,4,5					
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	II	III
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5					
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1					

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

3.3.7. COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_z^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min} \quad [3.3.7]$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove

$k_z, z_0, z_{\min}$ sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

c_t è il coefficiente di topografia.

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_z	z_0 [m]	$z_{\min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

C_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura, può essere assunto pari a 1 per strutture non eccedenti gli 80 m di altezza.

Relazione di calcolo

C_p è il coefficiente di pressione dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Di seguito si riporta la tabella con il valore dell'azione del vento in copertura e sulle facciate laterali:

Altitudine a_s (s.l.m.)	226
Zona	3
Classe di rugosità del terreno	C
Categoria di esposizione	II

VELOCITA' DI RIFERIMENTO

Velocità di base di riferimento al livello del mare v_{b0}	27	m/s
Coefficiente a_0	500	m/s
Coefficiente k_s	0,37	
Coefficiente di altitudine c_a	1,00	
Velocità base di riferimento v_b	27,00	m/s
Periodo di ritorno T_R	200	anni
Coefficiente di ritorno c_r	1,125	
Velocità di riferimento di progetto v_r	30,38	m/s

COEFFICIENTE TOPOGRAFICO

Coefficiente topografico C_t	1,00
--------------------------------	------

COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Fattore di terreno k_r	0,19	
Lunghezza di rugosità z_0	0,05	m
Altezza minima z_{min}	4,00	m
Altezza dal suolo z	27,50	m
Coefficiente di esposizione C_e	3,03	

COEFFICIENTE DINAMICO

Coefficiente dinamico C_d	1,00
-----------------------------	------

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

Pressione cinetica di riferimento q_r	577	N/m ²
---	-----	------------------

Altezza dell'edificio h	27,50	m
Lato minore in pianta dell'edificio d	10,00	m
Rapporto h/d	2,75	

PARETI VERTICALI

	C_{pe}	p_e	
Faccia sopravento	0,8	1399	N/m ²
Facce laterali	-0,9	-1574	N/m ²
Facce sottovento	-0,5875	-1027	N/m ²

A questa pressione bisogna aggiungere quella dovuta alla pressione interna

C_{pi}

p_i

Relazione di calcolo

Cond. 1	-0,2	-350	
Cond.2	0,2	350	N/m ²

	p		
Faccia sopravento	105	daN/m ²	Condizione 1 C _{pi} = -0,2
Facce laterali	-192	daN/m ²	
Facce sottovento	-138	daN/m ²	

	p		
Faccia sopravento	175	daN/m ²	Condizione 2 C _{pi} = +0,2
Facce laterali	-122	N/m ²	
Facce sottovento	-68	N/m ²	

COPERTURA A DUE FALDE

Angolo di inclinazione falda 1 α	21°
Angolo di inclinazione falda 2 β	21°

	p (falda 1)	p (falda 2)	
Falda 1 sopravento	-126	-126	daN/m ²
	84	-126	daN/m ²
Falda 1 sottovento	-126	-126	daN/m ²
	-126	84	daN/m ²
Vento parallelo colmo	-199	-199	daN/m ²

Azione del vento sulla facciata sopravento e sui setti del serbatoio

Ai fini della verifica strutturale, si è assunta come condizione di carico più gravosa la combinazione delle pressioni agenti sulla faccia sopravento e sottovento del serbatoio. In particolare:

- Pressione sulla faccia **sopravento** (Condizione 2): $p=1,75 \text{ kN/m}^2$
- Pressione sulla faccia **sottovento** (Condizione 1): $p=1,38 \text{ kN/m}^2$

Ne consegue una pressione totale di riferimento pari a:

$$p_{\text{rif}}=1,75+1,38=3,13 \text{ kN/m}^2$$

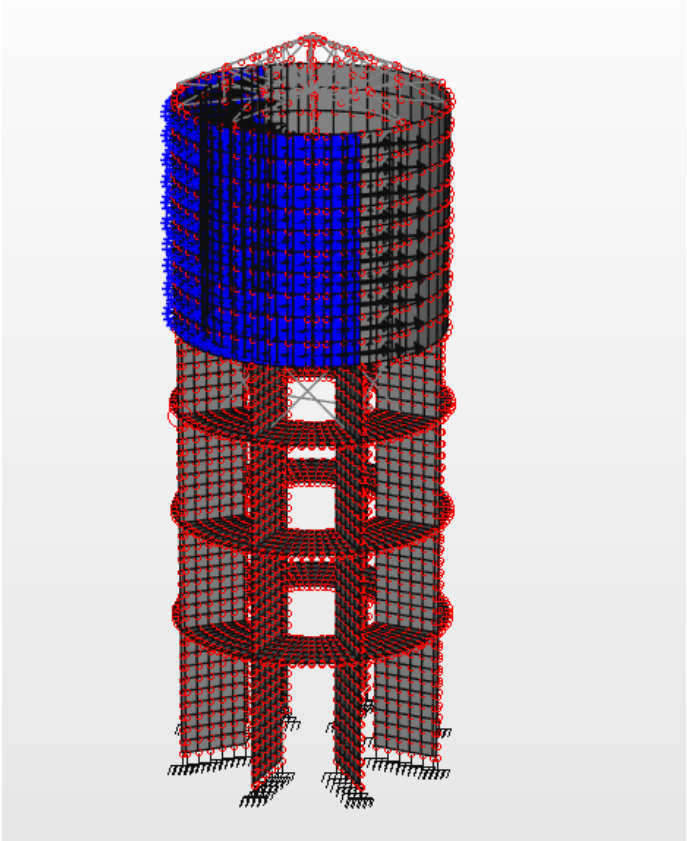
Tale pressione è stata considerata come **carico superficiale orizzontale** agente direttamente sulla parete sopravento del serbatoio.

Per quanto concerne i **setti**, l'azione del vento è stata assunta come **carico concentrato**, trasferito tramite il rivestimento architettonico esterno. Il valore di riferimento utilizzato è pari a:

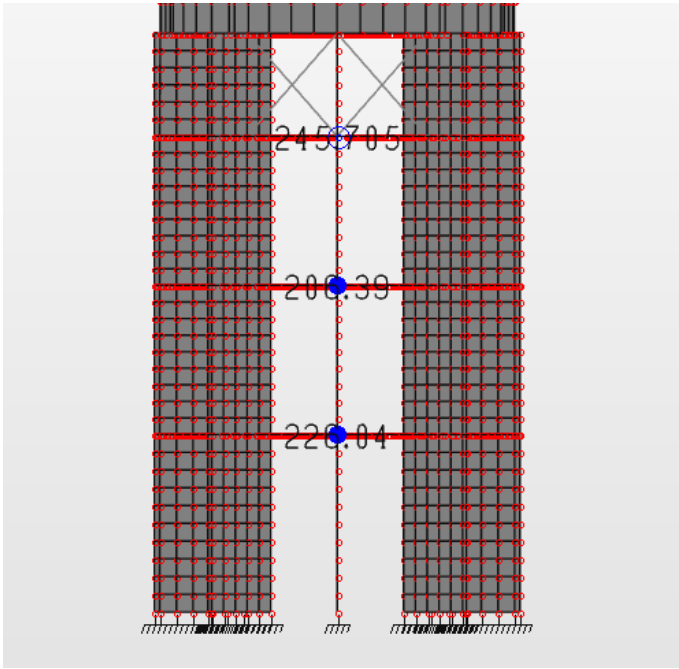
Carico concentrato sui setti= $3,12 \text{ kN/m}^2 \times \text{area di influenza}$

Di seguito viene riportato il carico concentrato applicato:

VENTO SU SETTO		
Qk	3,13	KN/m^2
i1	4,6	m
i2	4,20	m
i3	5,00	m
L=3,14*r	15,7	m
n1	226,0486	KN
n2	206,3922	KN
n3	245,705	KN



Vento su pareti serbatoio



Vento su setti

9.3.3 AZIONE SISMICA

Il comportamento sismico della struttura è condizionato dal “fenomeno dello sloshing”; per effetto di un’eccitazione dinamica laterale. L’interazione tra il liquido e la struttura di contenimento determina la traslazione verticale di una quota di flusso prossima al pelo libero e l’instaurarsi quindi di onde inerziali.

In funzione del rapporto tra altezza del pelo libero e del raggio della vasca di contenimento, H/R , è possibile determinare la quota di massa liquida che trasla rigidamente con il serbatoio, e quella che genera l’effetto sloshing. Il metodo analitico impiegato valido per serbatoi sopraelevati a pareti rigide descritto da Calvi e Nascimbene “Progettare i Gusci” prevede l’utilizzo di 2 masse:

Massa impulsiva m_i ;

Massa convettiva m_c ;

La prima rappresenta la quota di massa fluida collegata rigidamente alla struttura; la seconda rappresenta la parte che, in prossimità del pelo libero, tende a traslare verticalmente dando origine a onde di “sloshing” caratterizzate da periodi di oscillazioni elevati.

Attraverso la procedura semplificata il sistema serbatoio - liquido è schematizzato mediante un modello a 2 g.d.l.; il primo corrisponde alla componente impulsiva m_i collegata alla struttura rigidamente ad un’altezza h_i mentre il secondo è della componente convettiva m_c collegata alla parete ad un’altezza h_c mediante una molla di rigidezza $K_{c1}=4\pi^2 (m_c/T_1^2)$

Il periodo della massa convettiva è pari a:

$$T_{con}=C_c \sqrt{R}$$

Dove R è il raggio del serbatoio. In funzione del rapporto H/R è possibile definire C_c , m_i/m , m_c/m , h_i/H , h_c/H .

Dove: H (altezza pelo libero), R (raggio del serbatoio), m_i (massa impulsiva), m (massa totale), m_c (massa convettiva) h_i (altezza massa impulsiva) h_c (altezza massa convettiva)

prospetto A.1

H/R	C_i	C_c	m_i/m	m_c/m	h_i/H	h_c/H	h_i/H	h_c/H
0,3	9,28	2,09	0,176	0,824	0,400	0,521	2,640	3,414
0,5	7,74	1,74	0,300	0,700	0,400	0,543	1,460	1,517
0,7	6,97	1,60	0,414	0,586	0,401	0,571	1,009	1,011
1,0	6,36	1,52	0,548	0,452	0,419	0,616	0,721	0,785
1,5	6,06	1,48	0,686	0,314	0,439	0,690	0,555	0,734
2,0	6,21	1,48	0,763	0,237	0,448	0,751	0,500	0,764
2,5	6,56	1,48	0,810	0,190	0,452	0,794	0,480	0,796
3,0	7,03	1,48	0,842	0,158	0,453	0,825	0,472	0,825

Nota - C_c è espresso in $sm^{1/2}$.

Tab.1

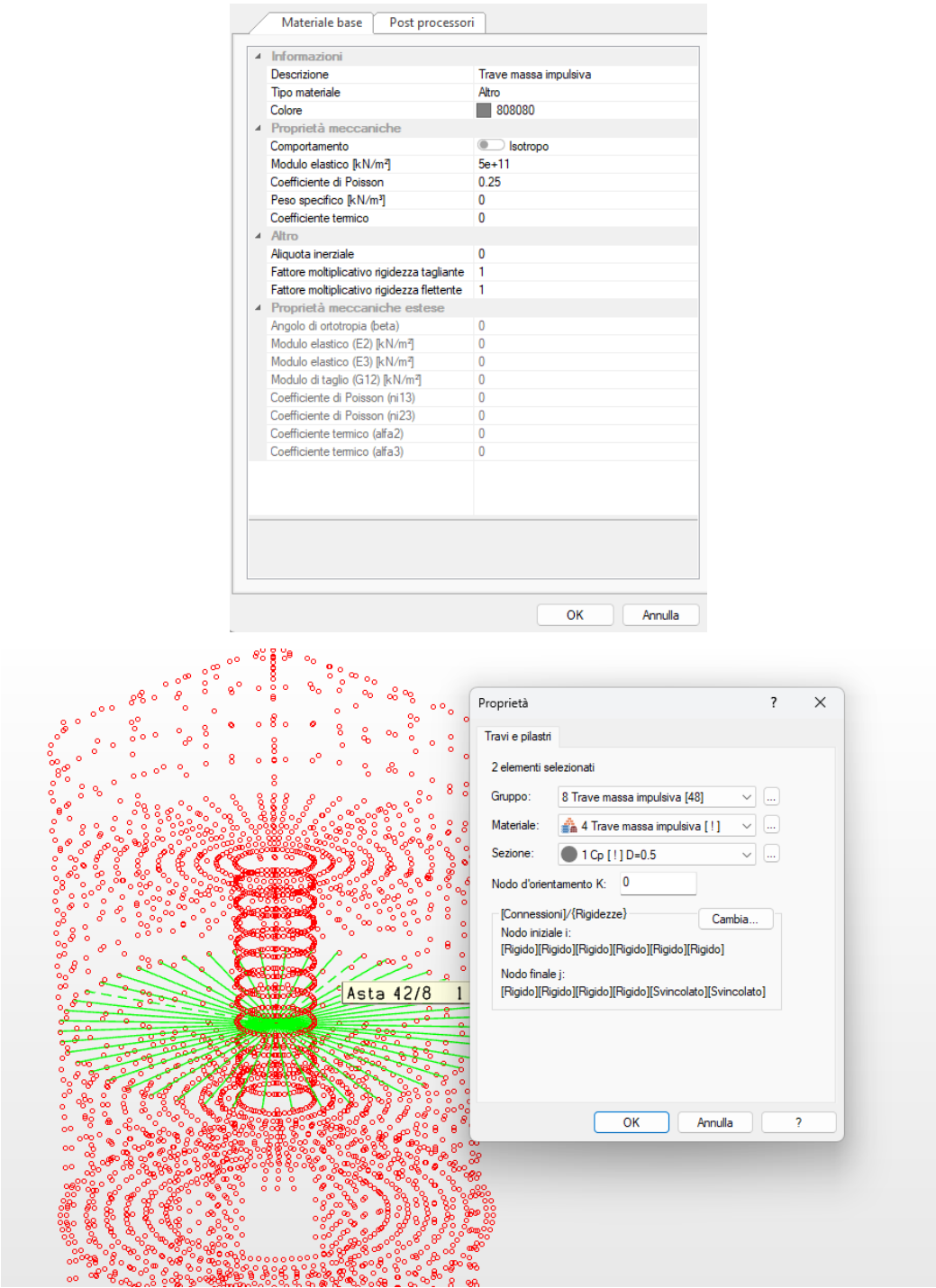
Di seguito vengono riportati i valori dei parametri sopra citati.

MODELLAZIONE ACQUA SERBATOIO				
Altezza liquido serbatoio		H=	4,5	m
Raggio interno serbatoio		R=	4,85	m
Rapporto H/R		H/R=	0,928	
Volume di acqua		V	316,79	m ³
MASSA acqua nel serbatoio		mtot=	316794,6	kg
			3107,76	KN
		mtot=	316,7946	ton
Coefficiente C1		C1=	6,506735	
Coefficiente Cc		Cc=	1,539244	
percentuale di massa impulsiva rispetto alla massa totale di acqua		mi/mtot=	0,51316	
massa impulsiva di acqua		mi=	162,57	ton
percentuale di massa convettiva rispetto alla massa totale di acqua		mc/mtot=	0,49	
massa convettiva di acqua		mc=	154,23	ton
posizione massa impulsiva rispetto altezza totale		hi/H=	0,4142	
posizione massa impulsiva		hi=	1,86	m
posizione massa convettiva rispetto altezza totale		hc/H=	0,604	
posizione massa convettiva rispetto altezza totale		hc=	2,72	m
rigidezza molle connesse alla massa convettiva		kc=	537,4	KN/m
		kc/2	268,7179	
periodo della massa convettiva		Tcon=	3,39	s
		ag/g=	0,284	
coefficiente del sottosuolo e della categoria topografica		S=	1,531	
coefficiente di smorzamento viscoso		η =	1	
fattore di amplificazione spettrale massima su sito rigido orizzontale		F0=	2,491	
periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro		Tc=	0,355	s
periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro		TD=	2,735	s
accelerazione spettrale calcolata per il periodo del primo modo convettivo del fluido		Se(Tcon)=	0,092	
Massima altezza dell'onda convettiva		dmax=	0,37	m

Tab.2 Parametri massa impulsiva e convettiva

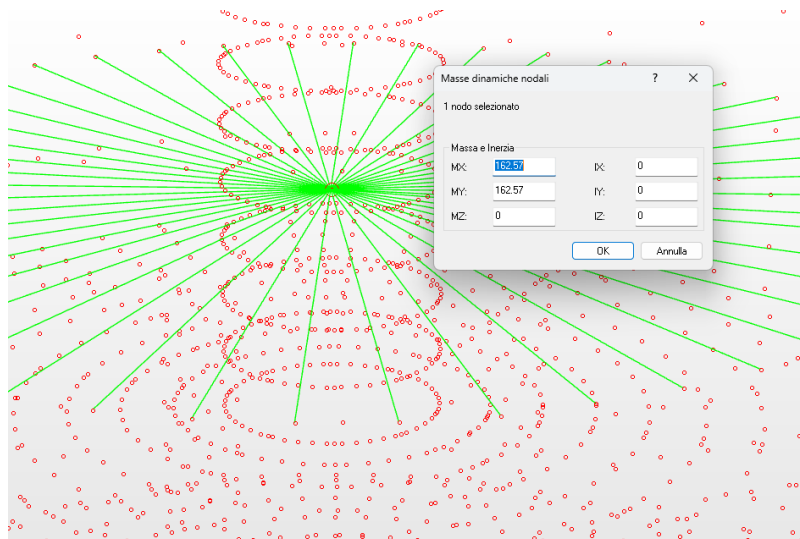
Ai fini della modellazione sismica, definiti tutti i parametri, la massa impulsiva della struttura posta all'altezza riportata in tabella 2 è stata connessa alle pareti mediante delle travi circolari di rigidezza elevatissima capaci di simulare il comportamento rigido della massa impulsiva.

Le travi sono state inserite nel modello considerando peso nullo e modulo elastico altissimo con il valore riportato nella tabella seguente



Trave massa impulsiva

La massa impulsiva è stata assegnate al programma di calcolo mediante il comando “masse dinamiche nodali” assegnando i valori riportati in Tab.2 per le direzioni x e y.

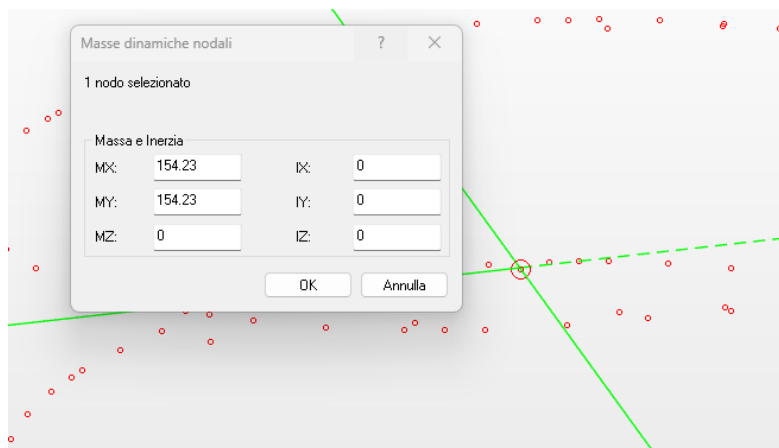


Massa impulsiva

Mentre la massa convettiva posta all'altezza h_c è stata connessa alla struttura mediante delle travi circolari ($D=0,5$ m) tali da simulare la rigidezza assiale della molla K_{c1} .

Poiché sono presenti due travi per ciascuna direzione (x e y), la somma delle rigidezze assiali delle travi nelle due direzioni risulta pari a K_{c1} . Di conseguenza, la rigidezza di ciascuna singola trave è stata assunta pari a $K_{c1}/2$.

La massa convettiva è stata assegnata al programma di calcolo mediante il comando "masse dinamiche nodali" assegnando i valori riportati in Tab.1 per le direzioni X e Y

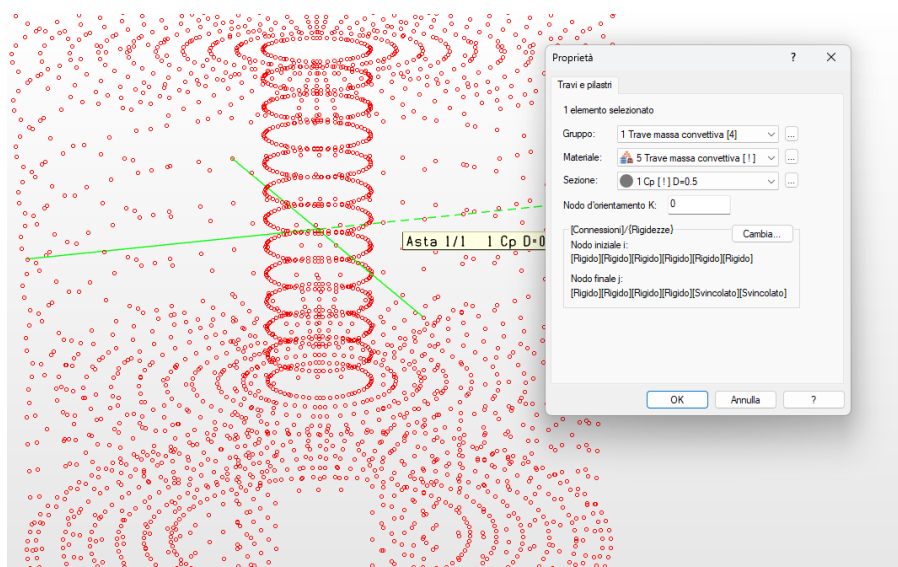


Massa convettiva

Di seguito vengono riportate le caratteristiche delle travi convettive.

Materiale base		Post processor	
Informazioni			
Descrizione	Trave massa convettiva		
Tipo materiale	Altro		
Colore	808080		
Proprietà meccaniche			
Comportamento	☒ Isotropo		
Modulo elastico [kN/m ²]	6846.31		
Coefficiente di Poisson	0.25		
Peso specifico [kN/m ³]	0		
Coefficiente termico	0		
Altro			
Aliquota inerziale	0		
Fattore moltiplicativo rigidezza tagliante	1		
Fattore moltiplicativo rigidezza flettente	1		
Proprietà meccaniche estese			
Angolo di ortotropia (beta)	0		
Modulo elastico (E2) [kN/m ²]	0		
Modulo elastico (E3) [kN/m ²]	0		
Modulo di taglio (G12) [kN/m ²]	0		
Coefficiente di Poisson (nu13)	0		
Coefficiente di Poisson (nu23)	0		
Coefficiente termico (alfa2)	0		
Coefficiente termico (alfa3)	0		

CALCOLO RIGIDENZA TRAVE EQUIVALENTE		
N=	EA/L	
L=	5	m
K	268,7179	KN/m
A	0,19625	m^2
E	6846,315	KN/m^2
r	0,25	m



Trave convettiva

Ai fini sismici l'azione dell'acqua è stata valutata come riportata in precedenza pertanto il carico dell'acqua sulle pareti verticali del serbatoio e sulla piastra di base è stato considerato solo nelle combinazioni di carico statiche.

A seguito della relazione geologica si riportano i parametri di pericolosità sismica del sito:

- Categoria di sottosuolo C;
- Coefficiente topografico T₂;

Si è scelto di utilizzare un'analisi dinamica lineare con spettro elastico con una combinazione dei modi attraverso la CQC.

Dati di riferimento della struttura:

Classe d'uso: IV

Vita nominale: 100 anni

Coefficiente d'uso: 2
Vita di riferimento: 200 anni
Longitudine (WGS84): 13.949230E
Latitudine (WGS84): 42.695122N
Categoria di sottosuolo: C
Categoria topografica: T₂

Si è scelto di eseguire un'analisi dinamica lineare in classe di duttilità media C.D."B". Ai fini della definizione dell'azione nello SLV è importante andare a definire il fattore di comportamento q .

Valori del fattore di comportamento q

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo (§ 7.2.2), il valore del fattore di comportamento q , da utilizzare per lo stato limite considerato e nella direzione considerata per l'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene conto, convenzionalmente, delle capacità dissipative del materiale. Le strutture possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale e ad un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente, utilizzando per ciascuna direzione il fattore di comportamento corrispondente.

Il limite superiore q_{lim} del fattore di comportamento relativo allo SLV è calcolato tramite la seguente espressione:

$$q_{lim} = q_0 \cdot K_R \quad [7.3.1]$$

dove:

q_0 è il valore base del fattore di comportamento allo SLV, i cui massimi valori sono riportati in tabella 7.3.II in dipendenza della Classe di Duttilità, della tipologia strutturale, del coefficiente λ di cui al § 7.9.2.1 e del rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione; la scelta di q_0 deve essere esplicitamente giustificata;

K_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

	q_0	
Tipologia strutturale	CD" A "	CD" B "
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 α_u/α_1	3,0 α_u/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 α_u/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5
Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)		
Strutture a pannelli	4,0 α_u/α_1	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0
Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3,5	2,5
Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)		
Strutture intelaiate	5,0 α_u/α_1	4,0
Strutture con controventi eccentrici		
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2,0 α_u/α_1	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	4,0 α_u/α_1	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0

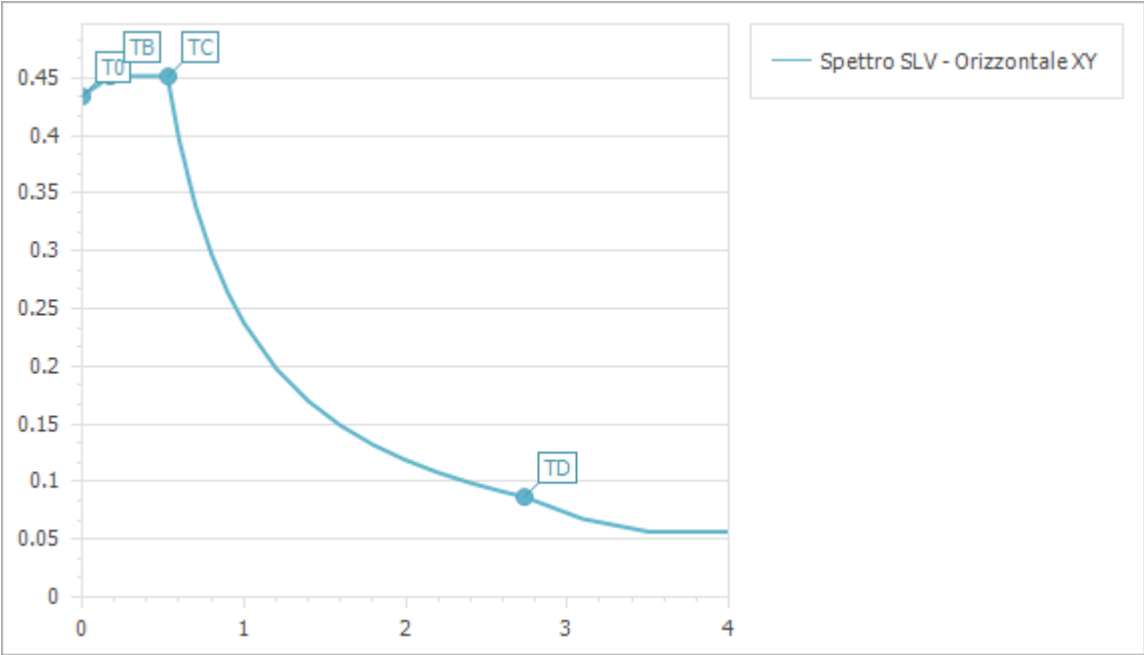
Fattore di comportamento

Essendo K_w posto pari a 1 risulta il fattore di comportamento pari a:

$$q = q_0 \cdot K_R = 3 \cdot 0,8 = 2,4$$

Di seguito si riportano gli spettri di progetto per lo stato limite ultimo (SLV) e per lo stato limite di danno (SLD).

SPETTRO SLV

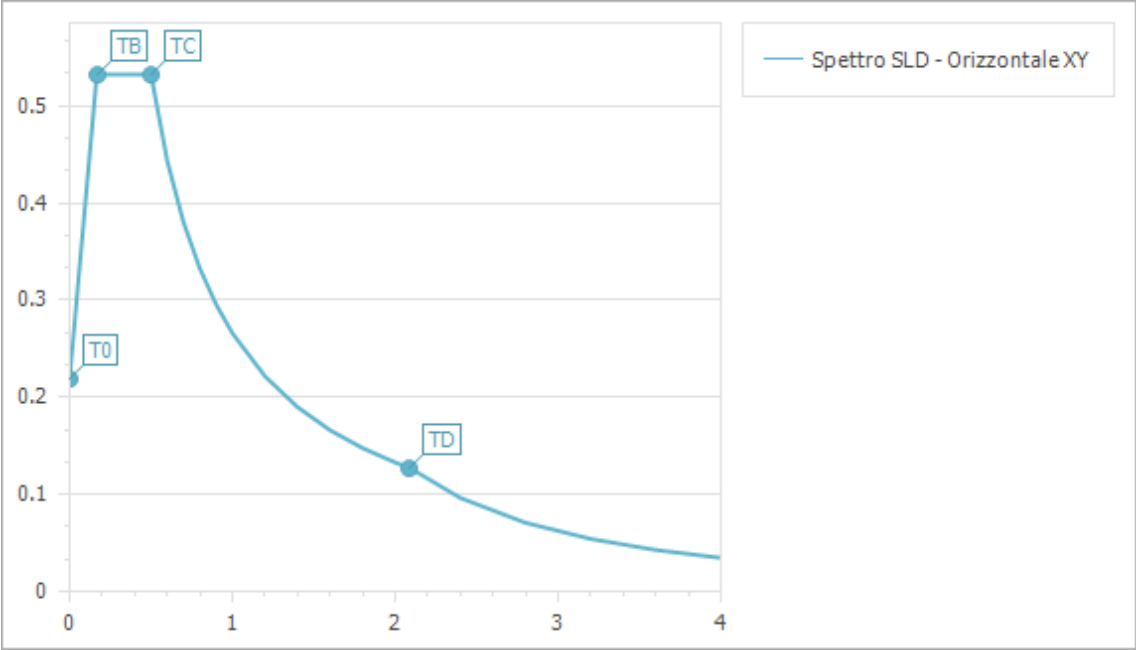


...									
Spettro SLV - Orizzontale XY									
Periodo	0	0.176	0.527	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
Ampiezza	0.435	0.452	0.452	0.396	0.34	0.297	0.264	0.238	

TD									
1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.736
0.238	0.198	0.17	0.149	0.132	0.119	0.108	0.099	0.091	0.087

TD				
2.736	3.1	3.5	3.9	4
0.087	0.068	0.057	0.057	0.057

SPETTRO SLD



Spettro SLD - Orizzontale XY									
Periodo	0	0.167	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
Ampiezza	0.22	0.532	0.532	0.532	0.443	0.38	0.332	0.295	

						TD			
1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.089	2.4	2.8	3.2
0.266	0.222	0.19	0.166	0.148	0.133	0.127	0.096	0.071	0.054

Di seguito si riporta la sintesi dei parametri sismici di riferimento:

	a_g [g]	F_0	T_{C^*} [sec]	$S = S_s \times S_t$	PGA_D [g]	Tr_D [m/s ²]
SLD	0,1222	2,4190	0,33	1,5*1,2	2,158	201
SLV	0,284	2,4940	0,36	1,28*1,2	4,263	1898

10 COMBINAZIONI DI CARICO

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione FONDAMENTALE per gli stati limite ultimi SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_{G2} \cdot G_{k2} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (RARA) per gli stati limite ultimi SLE:

$$G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione FREQUENTE per gli stati limite ultimi SLE:

$$G_{k1} + G_{k2} + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione QUASI PERMANENTE per gli stati limite ultimi SLE:

$$G_{k1} + G_{k2} + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione sismica:

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

L'azione sismica è considerata in tutte e 3 le direzioni X,Y,Z combinate tra loro secondo quanto riportato al paragrafo 7.3.5. delle NTC 2018.

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} , e ψ_{2j} sono dati dalla Tab.2.5.I delle NTC2018. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono dati dalla Tab.2.6.I.

All'interno delle combinazioni di carico sono stati inseriti gli opportuni carichi concentrati.

Si richiamano ora gli screenshot di tutte le combinazioni inserite nel software di calcolo.

COMBINAZIONI DI CARICO

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	0.300
			Variabile: Vento	Condizione 2	0.000
2	QK VENTO	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.500
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	1.050
			Variabile: Vento	Condizione 2	1.500
7	QK folla fond	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.500
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 2	0.900
8	QK neve fond	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.500
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	1.050
			Variabile: Vento	Condizione 2	0.900

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 2	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	0.500
			Variabile: Vento	Condizione 2	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3	0.300
			Variabile: Vento	Condizione 2	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria		Condizione	Moltiplicatore
8	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio		1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1		1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 3		0.300
					Pagina: 1	



Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Variable: Vento	Condizione 2	0.000

11 SCHEMATIZZAZIONE E MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stato adeguatamente valutato, interpretato e trasferito in un modello tridimensionale agli elementi finiti; tale modello ha consentito di effettuare un'analisi il più possibile fedele alla realtà sia della distribuzione di massa che della effettiva rigidità.

Sono stati sviluppati due modelli:

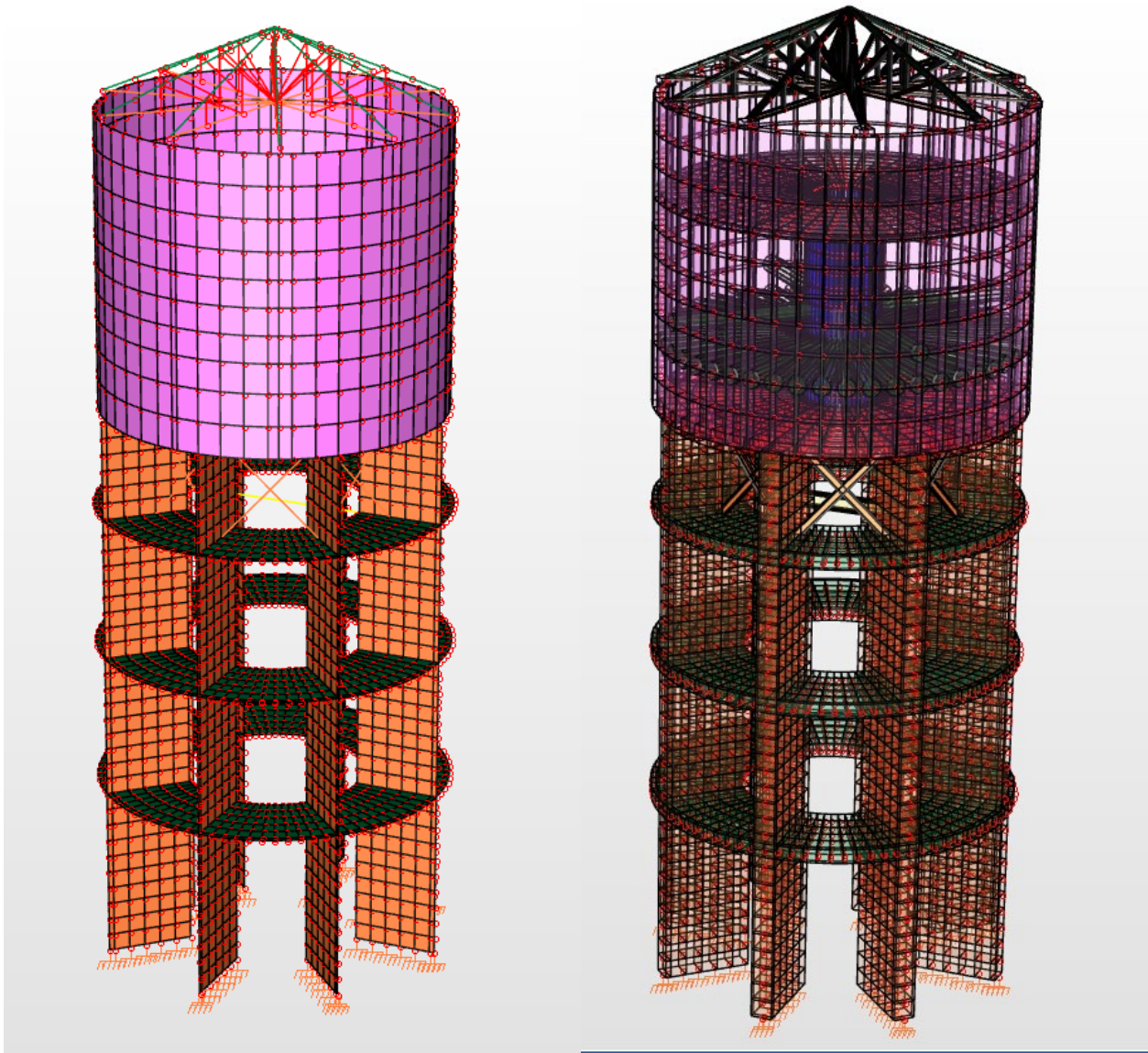
- il primo rappresenta la sovrastruttura e valutata in C.D." B";
- il secondo, invece, rappresenta la struttura di fondazione valutata con un fattore di struttura $q=1,5$ (struttura non dissipativa).

11.1 MODELLO DELLA STRUTTURA

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

- Elemento tipo Frame (Controventi UPN 200; Trave di piano (HEA 400); capriata (UPN120 - UPN80 - CSH193,7x16))
- Elementi tipo shell (Setti; Anelli di irrigidimento; Piastre orizzontali; Pareti verticali)

Di seguito si riporta il modello tridimensionale adottato.



Modello strutturale MasterSap

11.2 SECONDO MODELLO STRUTTURA CON FONDAZIONI

Una volta terminata la modellazione della struttura, si è passati a modellare l'intera struttura compreso di fondazione. Le verifiche e i risultati delle fondazioni sono trattate nell'apposito elaborato Relazione sulle fondazioni.

11.3 ANALISI MODALE

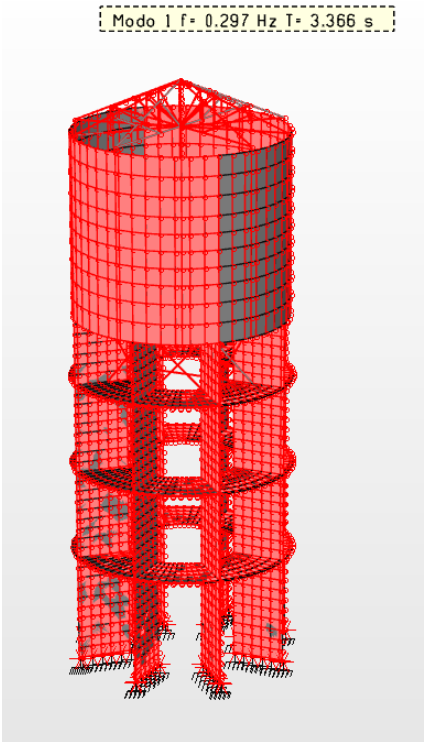
L'analisi della struttura è stata eseguita mediante un'analisi dinamica modale lineare con spettro di risposta semplificato da NTC2018. Al fine di raggiungere l'85% delle masse eccitate nelle tre direzioni X,Y,Z si sono analizzati 100 modi. I primi due modi rappresentano l'effetto sloshing ed hanno periodo elevato, dal terzo modo in poi si hanno i modi propri di vibrare della struttura.

PROSPETTO RIASSUNTIVO MODI PRINCIPALI

Modo	Periodo	Massa ecc. (%) Dir. X	Massa ecc. (%) Dir. Y
3	0,354	70	-
4	0,354	-	70

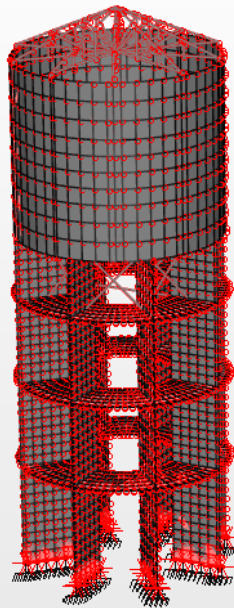
PROSPETTO RIASSUNTIVO MASSE ECCITATE

Analisi	Direz. X % massa ecc.	Direz. Y % massa ecc.
Ex	97	97
Ey	97	97



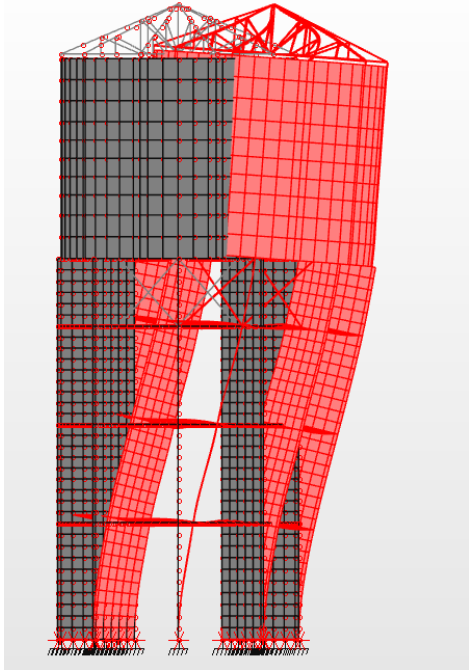
Primo modo (effetto sloshing)

Modo 2 $f = 0.298 \text{ Hz}$ $T = 3.360 \text{ s}$

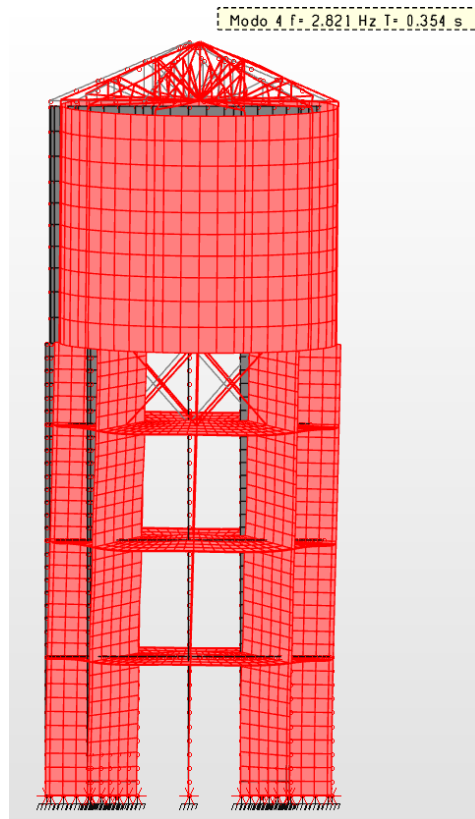


Secondo modo (effetto sloshing)

Modo 3 $f = 2.821 \text{ Hz}$ $T = 0.354 \text{ s}$



Terzo modo (modo della struttura)



Quarto modo (modo della struttura)

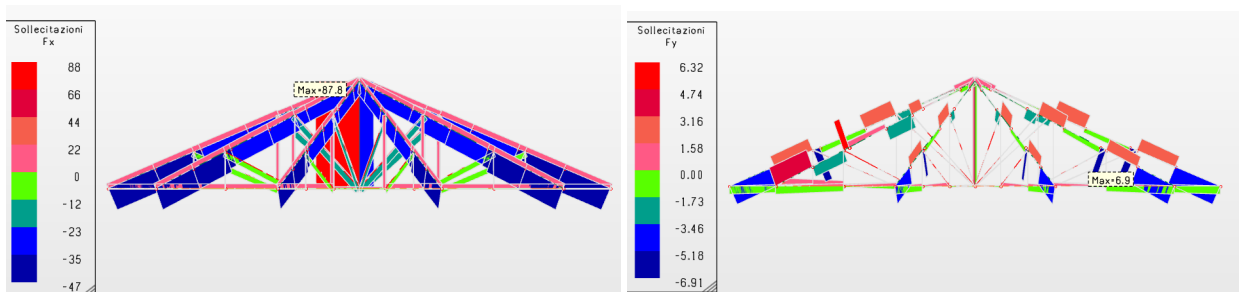
12 VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITA' ELEMENTI

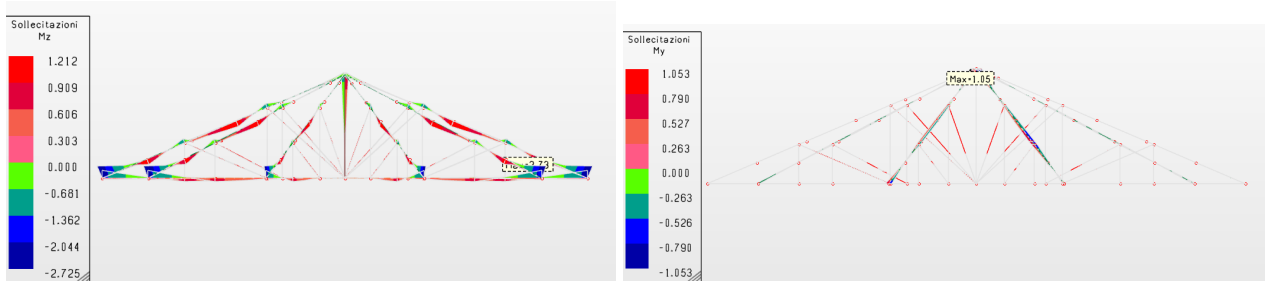
12.1 Copertura

Si sono eseguite tutte le verifiche previste da NTC2018:

- Verifiche di resistenza (pressoflessione, taglio);
- Verifiche di stabilità;
- Verifica di snellezza.

Prima di passare alle verifiche si riportano le sollecitazioni:

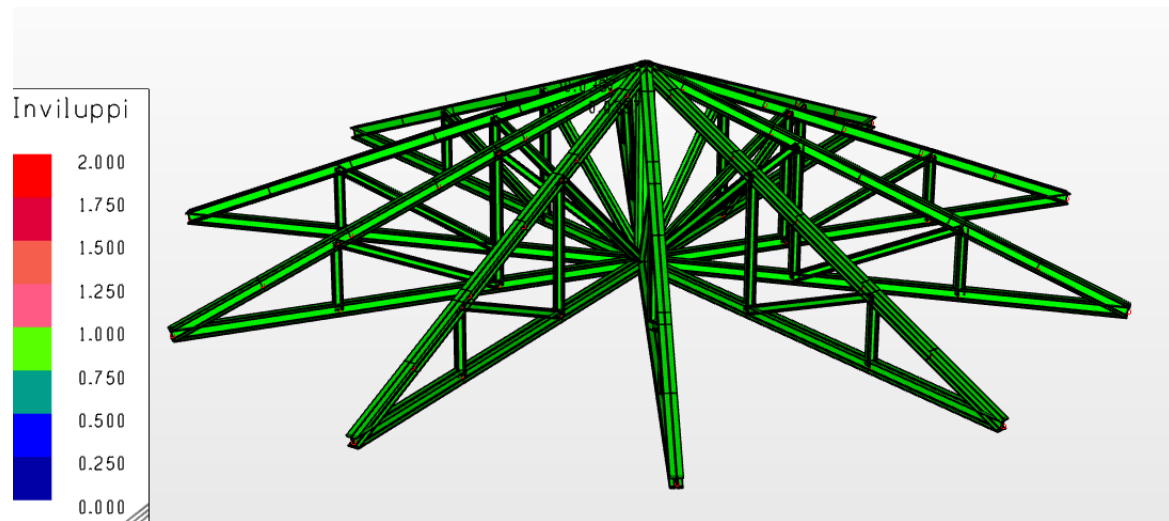




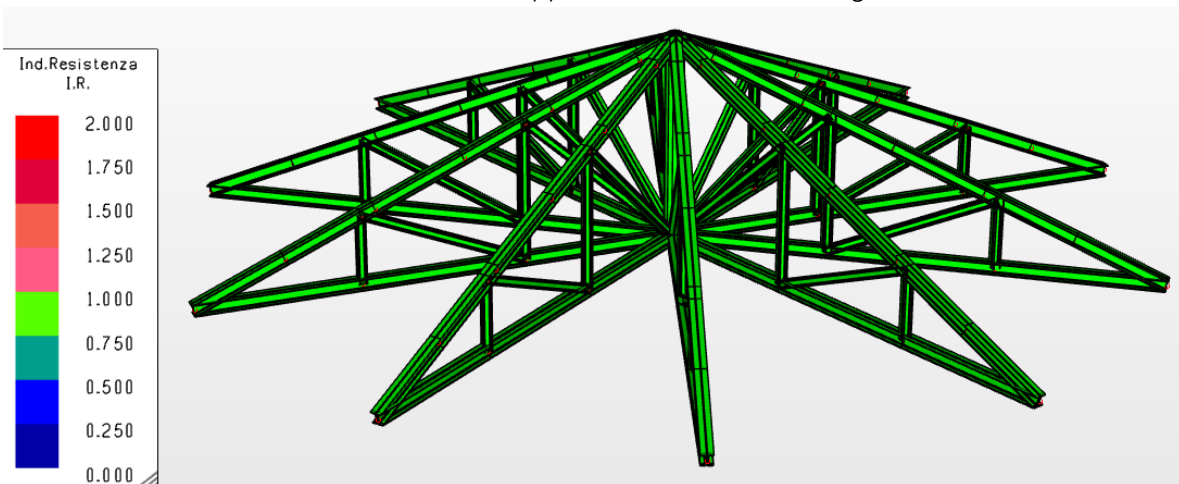
Sollecitazioni

Le verifiche eseguite hanno riportato tutte esito positivo.

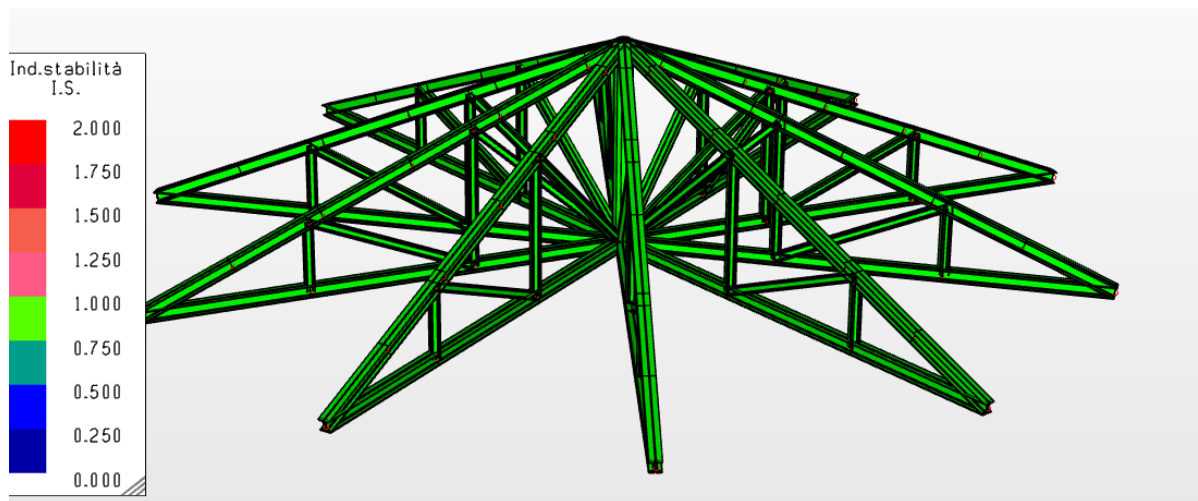
Di seguito si riportano gli screen-shot con i risultati delle verifiche effettuate.



Risultati verifiche-Inviluppo di tutte le verifiche eseguite



Risultati verifica – Indici di resistenza



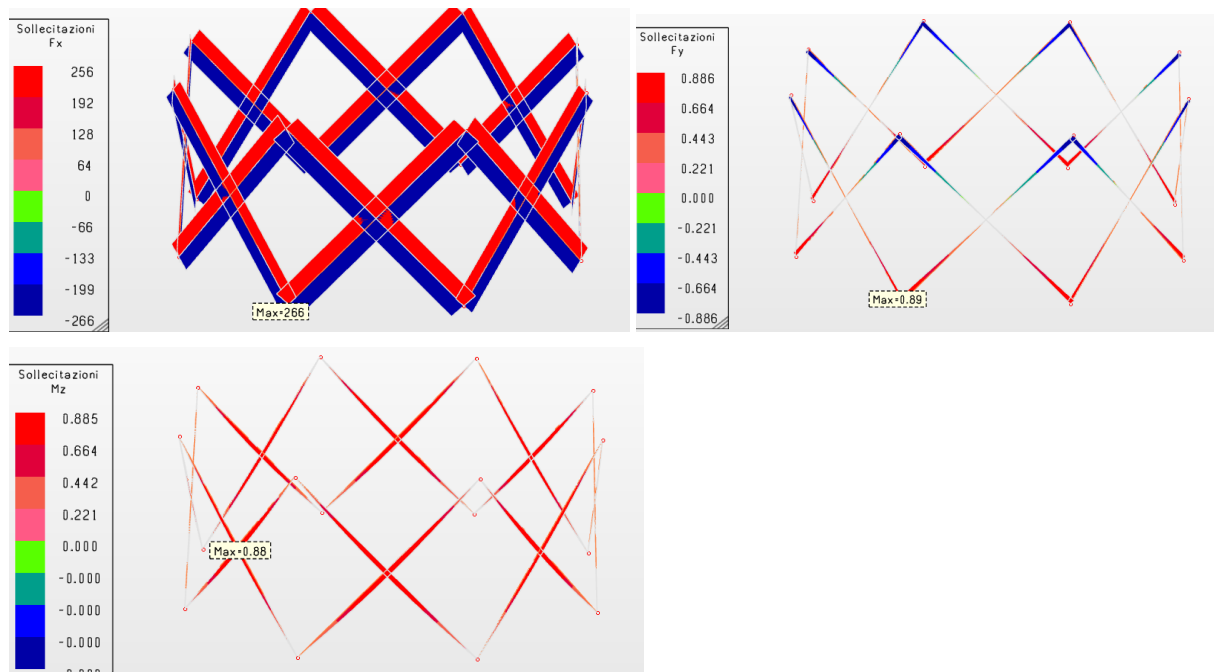
Risultati verifica – Indici di stabilità

Le immagini precedenti riportano una sintesi di tutte le verifiche eseguite. Non compaiono elementi con porzioni rosse, che avrebbero indicato la non verifica in alcuni punti degli elementi; pertanto tutte le verifiche sono soddisfatte.

12.2 Controventi

Per i controventi UPN200 svincolati a momento agli estremi sono state condotte le stesse verifiche eseguite per la copertura.

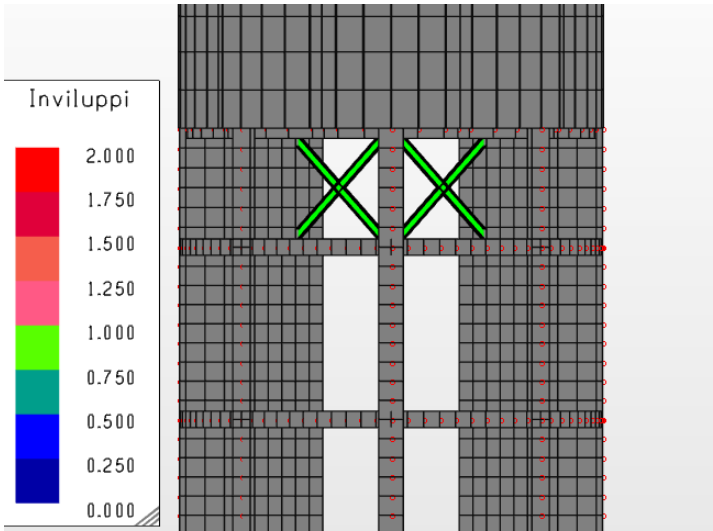
Si riportano le sollecitazioni:



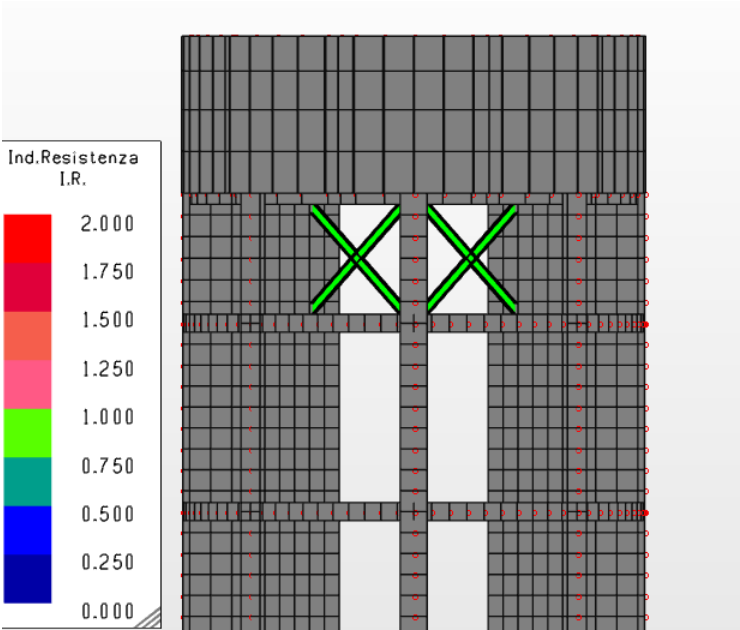
Sollecitazioni

Le verifiche eseguite hanno riportato tutte esito positivo.

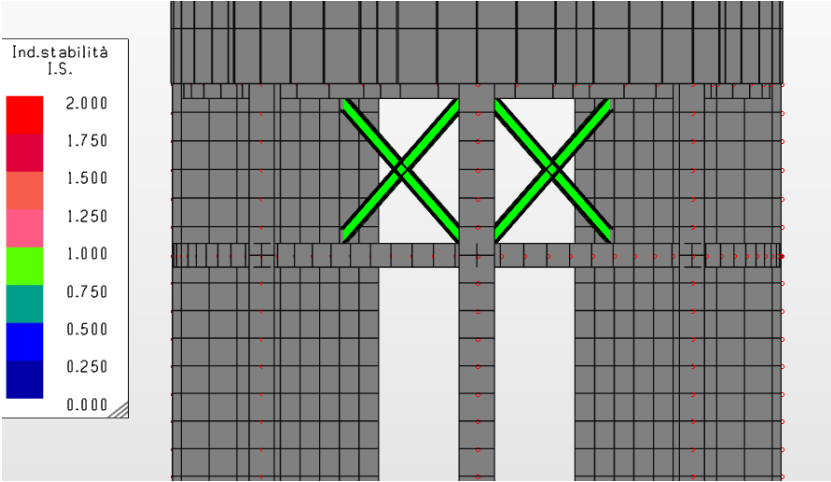
Di seguito si riportano gli screen-shot con i risultati delle verifiche effettuate.



Risultati verifiche-Inviluppo di tutte le verifiche eseguite



Risultati verifica – Indici di resistenza



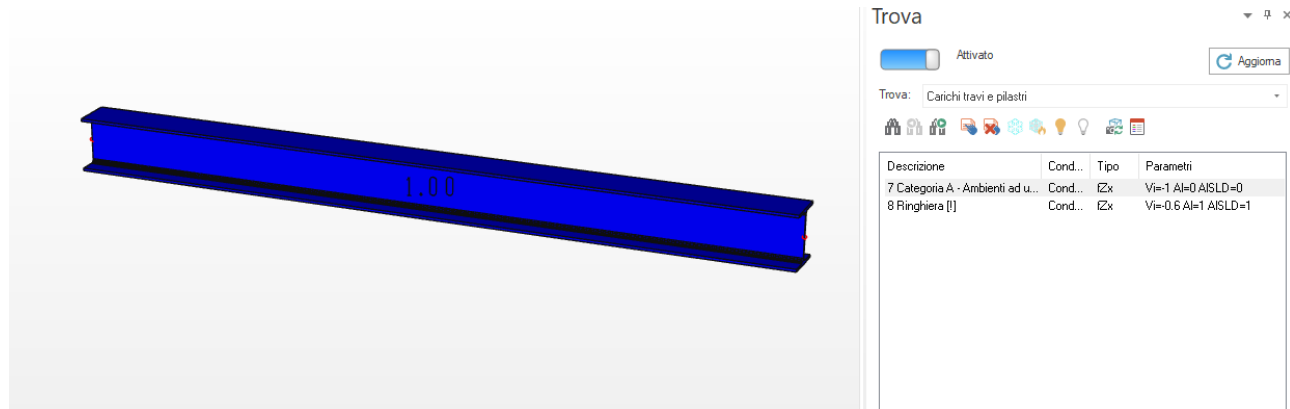
Risultati verifica – Indici di stabilità

12.2 Trave di piano

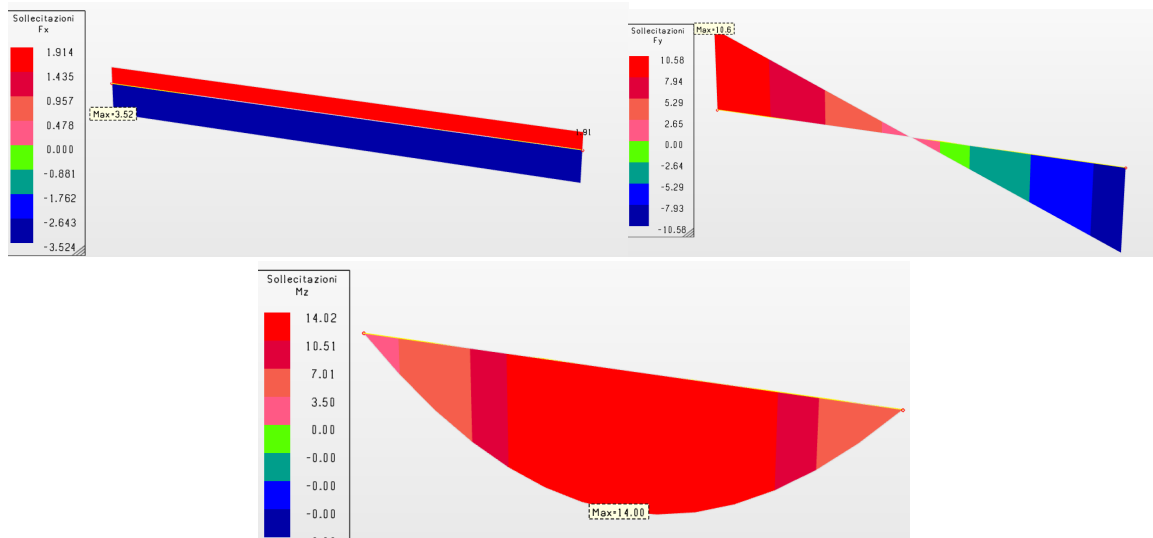
La trave di piano HEA400 in acciaio ai fini del modello strutturale è stata svincolata agli estremi a momento ed è sollecitata oltre che dal peso proprio dai seguenti carichi applicati uniformemente distribuiti, supponendo una larghezza del piano di calpestio pari a 1 m.

ANALISI DEI CARICHI TRAVE DI PIANO		
Qk	1	KN/m ²
Gk2	0,6	kn/m

Di seguito si riportano i carichi riportati sulla travata e le sollecitazioni.



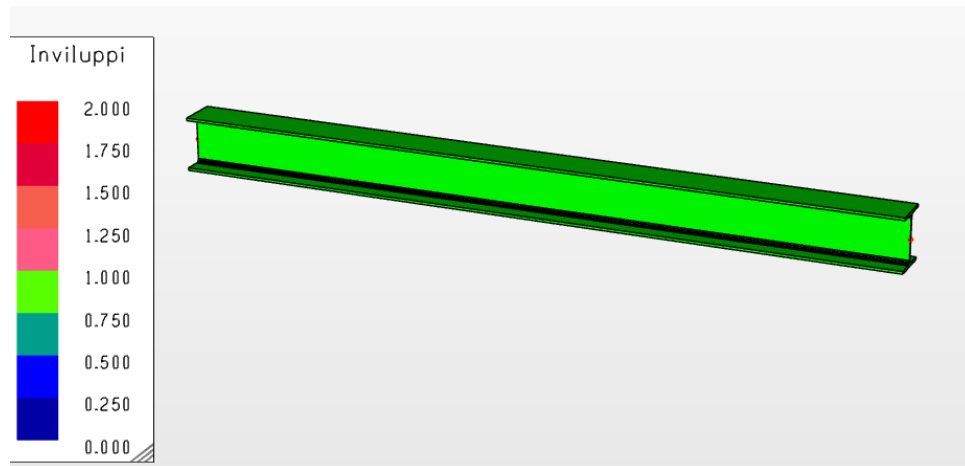
Carichi



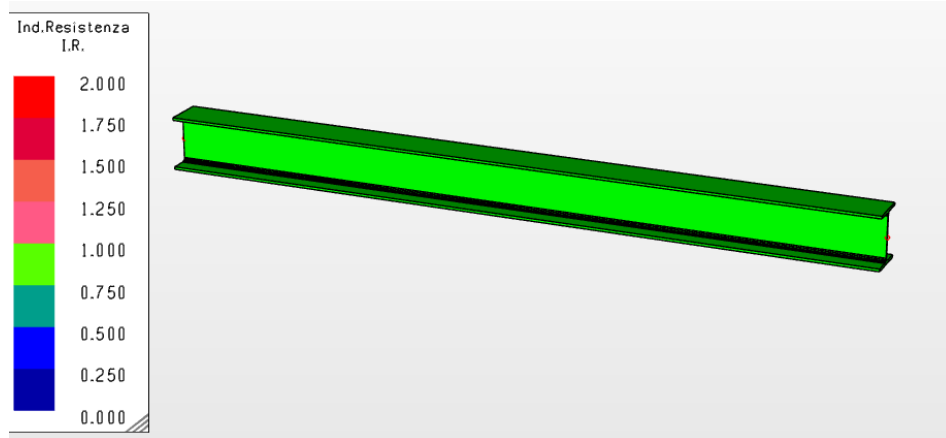
Sollecitazioni

Le verifiche eseguite hanno riportato tutte esito positivo.

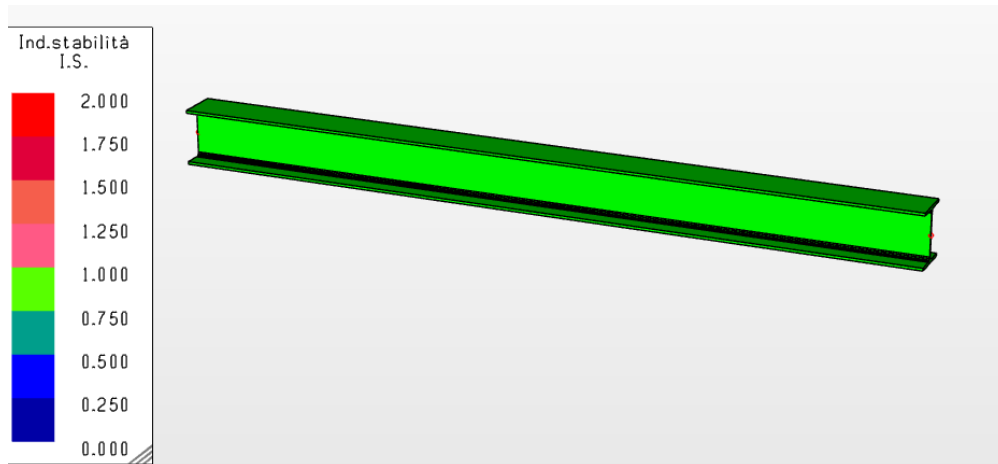
Di seguito si riportano gli screen-shot con i risultati delle verifiche effettuate.



Risultati verifiche-Involuppo di tutte le verifiche eseguite



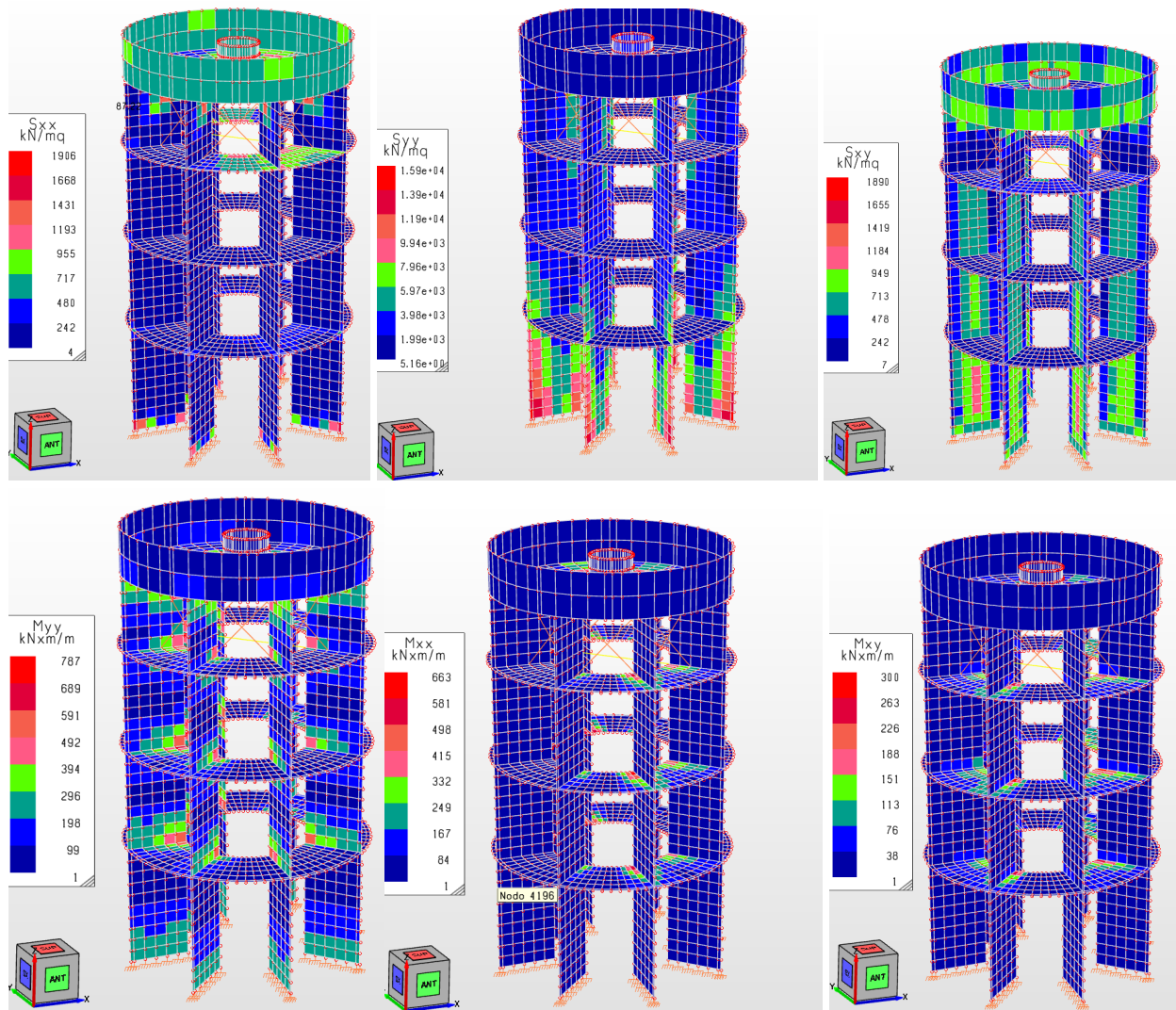
Risultati verifica – Indici di resistenza



Risultati verifica – Indici di stabilità

12.3 Setti

Gli 8 setti in c.a. hanno una dimensione in pianta di 0,6x2,5 m, prima di passare alle verifiche si riportano le sollecitazioni:



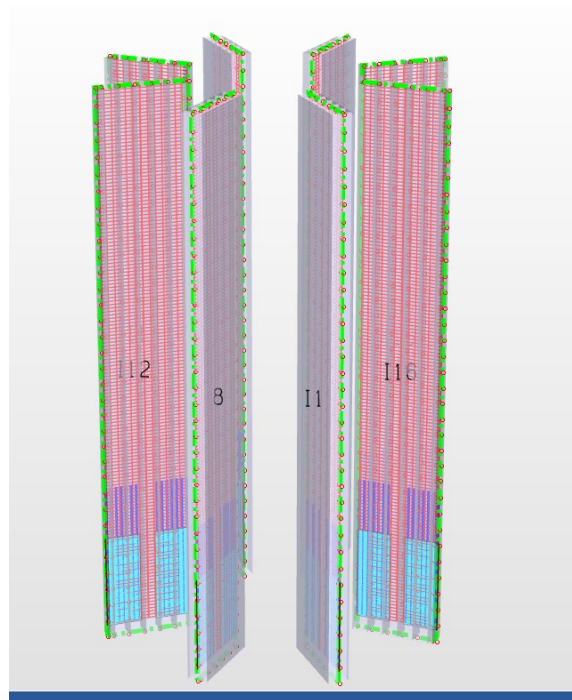
Sollecitazioni

Per le verifiche si è utilizzata la seguente tabella andando a verificare i setti come pareti interattive capaci di rispettare le verifiche di duttilità imposte dall'NTC.

Tabelle di MasterArm - banca locale	
Normativa:	NTC-2018
Versione:	Edifici nuovi
Tipo elemento:	Pareti interattive
Unità di misura tensione:	N/mm²
Pareti interattive s.l.	
Tabella:	Tabella pareti interattive spess. 60
Classe dei materiali:	Rick= 45.0 fyk= 450.0
Spessore:	60 [cm]
Tipologia armatura: Armatura specifica per zone confinate e NON	
Armatura specifica zone NON confinate	
Ø verticale:	26 [mm] Passo: 20 [cm] ρ verticale: 0.88 %
Ø orizzontale:	12 [mm] Passo: 10 [cm] ρ orizzontale: 0.38 %
Armatura specifica per zone confinate	
Ø verticale:	26 [mm] Passo: 15 [cm] ρ verticale: 1.18 %
Ø orizzontale:	12 [mm] Passo: 5 [cm]
Copriperno:	4 [cm]
Eccentricità di carico:	No
Coefficienti sismici di amplificazione momenti e tagli	
Coeff. My:	1
Coeff. Mz:	1
Coeff. Fy:	1
Coeff. Fz:	1
Cond. ambientali:	Ordinaria
Appartiene strutt. miste:	No

Tabella di verifica

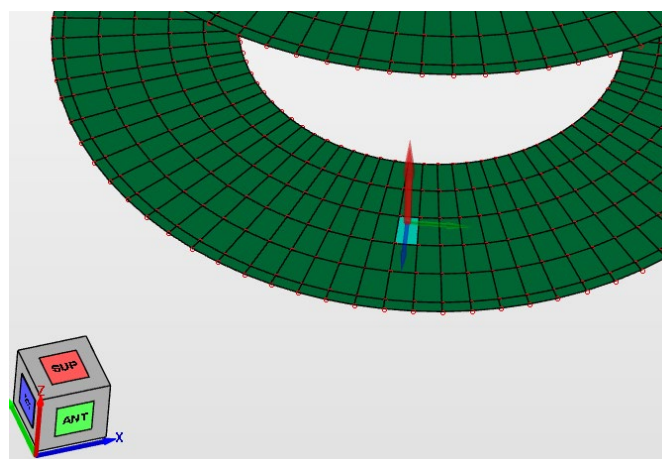
Tutti i setti sono verificati.



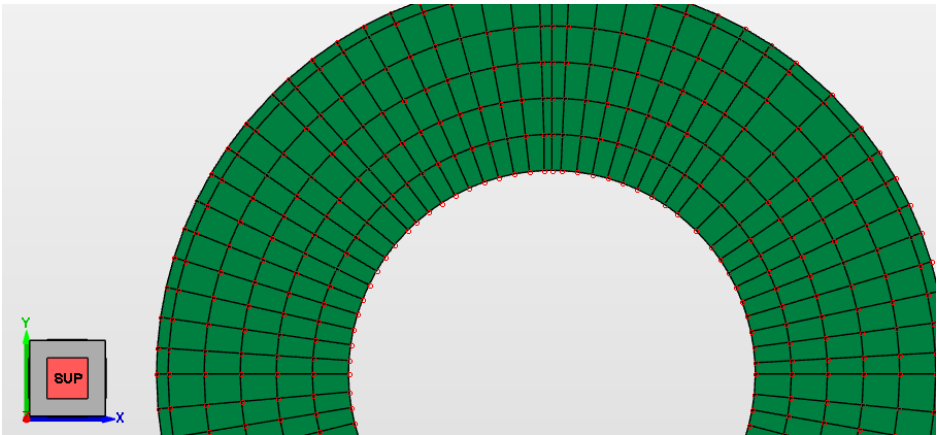
Risultati verifiche setti

12.4 Anelli di irrigidimento

I 3 anelli in c.a. hanno una dimensione in pianta di 0,4x2,5 m. Per le verifiche sono state utilizzate le seguenti tabelle andando a verificare gli anelli attraverso la tabella gusci. Definiti gli assi locali asse x radiale agli anelli, y tangenziale sono state condotte le verifiche disponendo armatura longitudinale facendo riferimento agli assi locali, tali da permettere di disporre un'armatura in direzione x radiale e in y tangenziale. Mentre per le verifiche a taglio si è fatto riferimento agli assi globali andando a verificare le porzioni di solette più sollecitate di seguito riportate.



Assi locali



Assi globali

Tabelle di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2018 Versione: Edifici nuovi

Tipo elemento: Guscio Unità di misura tensioni: N/mm²

Gusci s.l.

Tabella: Amatura travi di infigidimento (attiva) Modifica...

Classe dei materiali: Rck = 45.0 fyk = 450.0

Coeff partec Mxy: 0.5 Coeff partec Sxy: 0.5

Orientam. amat.: Asci locali

Amatura superiore base
Ø base xx: 24 [mm] Passo: 20 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 20 [cm]

Amatura inferiore base
Ø base xx: 24 [mm] Passo: 20 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 20 [cm]

Amatura aggiuntiva
Ø agg. xx: 24 [mm] Passo: 10 [cm] Ø agg. yy: 24 [mm] Passo: 10 [cm]

Copifero inf: 4 [cm] Copifero sup: 4 [cm]

Cond. ambientali: Ordinaria

Tipo elemento: Piatre

OK Annulla Applica Nuova... Attiva Banca...

Tabella di verifica armatura longitudinale

Tabelle di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2018 Versione: Edifici nuovi

Tipo elemento: Guscio Unità di misura tensioni: N/mm²

Gusci s.l.

Tabella: VERIFICA A TAGLIO ANELLI (attiva) Modifica...

Classe dei materiali: Rck = 45.0 fyk = 450.0

Coeff partec Mxy: 0.5 Coeff partec Sxy: 0.5

Orientam. amat.: Riferimento globale Angolo posa: 0

Taglio fuori piano: Sì, am. trasversale Ø staffe/spille: 12 [mm] Braccia/mt: 5

Amatura superiore base
Ø base xx: 24 [mm] Passo: 20 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 20 [cm]

Amatura inferiore base
Ø base xx: 24 [mm] Passo: 20 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 20 [cm]

Amatura aggiuntiva
Ø agg. xx: 24 [mm] Passo: 10 [cm] Ø agg. yy: 24 [mm] Passo: 10 [cm]

Copifero inf: 4 [cm] Copifero sup: 4 [cm]

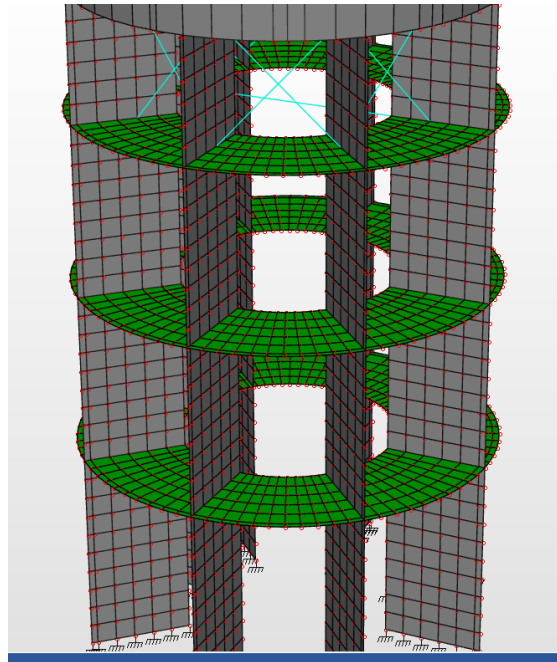
Cond. ambientali: Ordinaria

Tipo elemento: Piatre

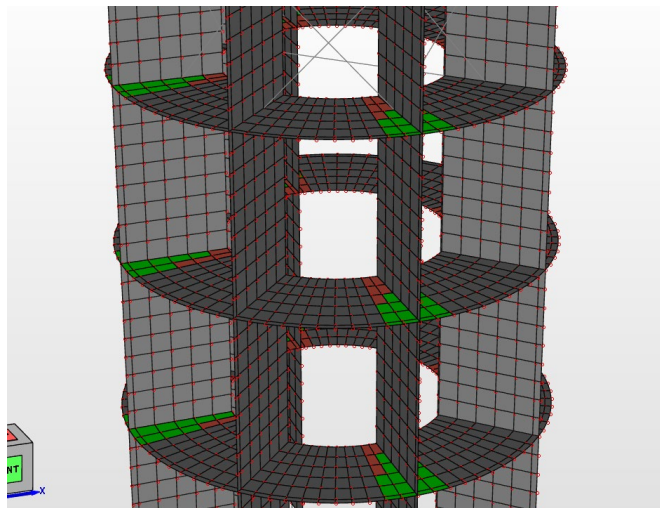
OK Annulla Applica Nuova... Attiva Banca...

Tabella di verifica armatura a taglio

Le verifiche riportate in dettaglio nei tabulati di calcolo hanno dato esito positivo.



Verifica armatura longitudinale

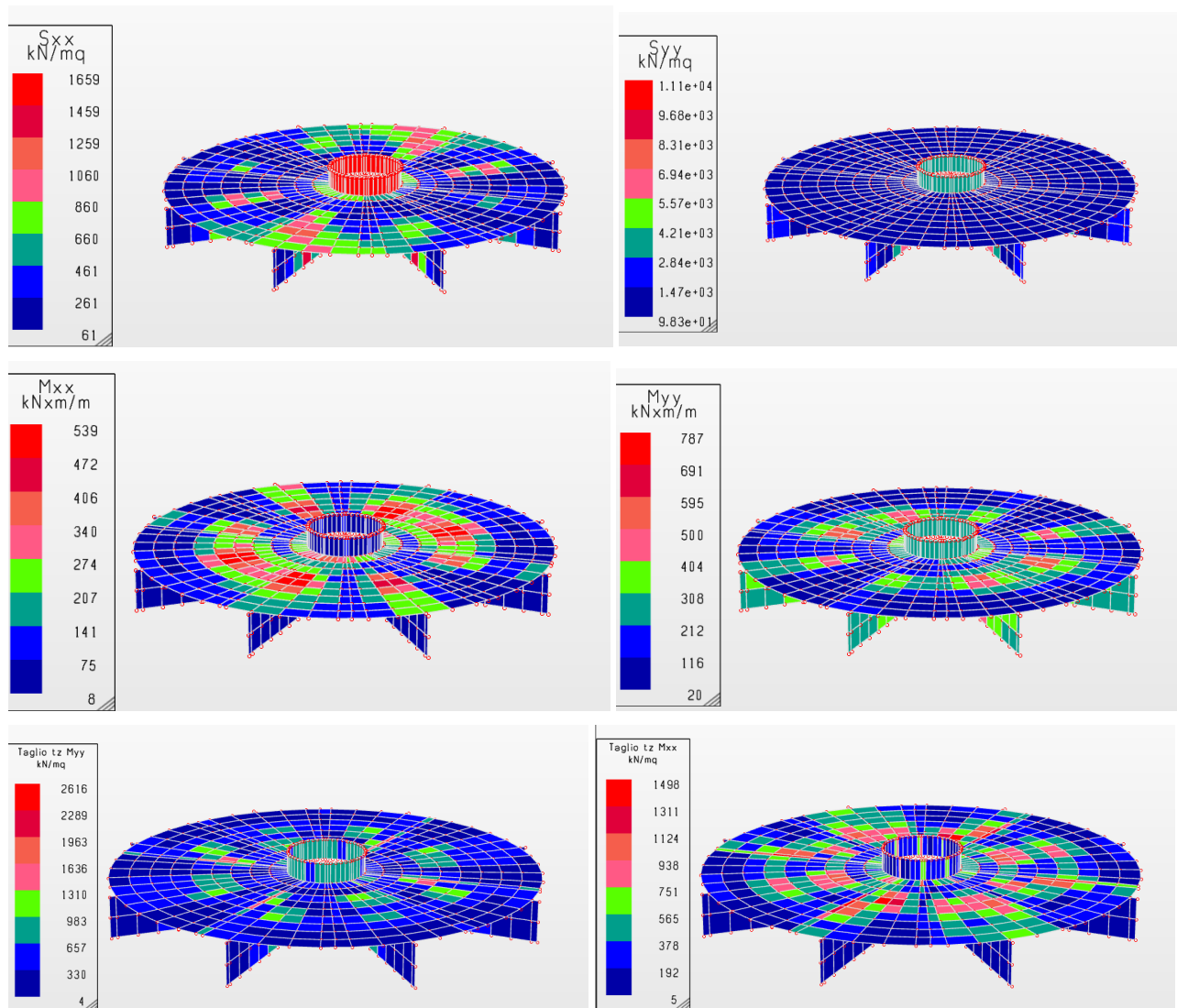


Verifica armatura a taglio

La presenza di porzioni rosse indica la necessità di armare a taglio le piastre. Si dovranno disporre 5 spille $\varnothing 12$ al metro.

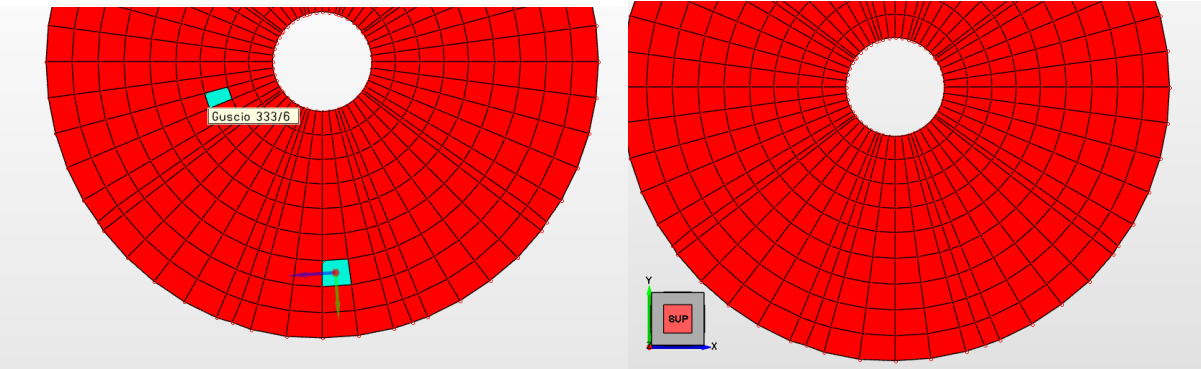
12.5 Piastra di base

La piastra di base c.a. di forma circolare ha uno spessore di 0,5 m. Prima di passare alle verifiche si riportano le sollecitazioni con riferimento agli assi globali:



Sollecitazioni

Per le verifiche sono state utilizzate le seguenti tabelle andando a verificare la piastra di base attraverso la tabella gusci. Definiti gli assi locali: asse x tangenziale alle singole shell della piastra di base, y radiale; sono state condotte le verifiche disponendo armatura longitudinale facendo riferimento agli assi locali tali da permettere di disporre un'armatura in direzione x tangenziale e in y radiale. Mentre per le verifiche a taglio si è fatto riferimento agli assi globali andando a verificare le porzioni di solette più sollecitate di seguito riportate.



Assi locali

Assi globali

Tabella di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2018 Versione: Edifici nuovi

Tipo elemento: Guscio Unità di misura tensione: N/mm²

Gusci s.l.

Tabella: Piastre di base (attiva) Modifica...

Classe dei materiali: Rck = 45.0 fyk = 450.0

Coeff partec. My: 0.5 Coeff partec. Sxy: 0.5

Orientam. armat.: Assi locali

Amatura superiore base

Ø base xx: 24 [mm] Passo: 15 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 15 [cm]

Amatura inferiore base

Ø base xx: 24 [mm] Passo: 15 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 15 [cm]

Amatura aggiuntiva

Ø agg. xx: 24 [mm] Passo: 10 [cm] Ø agg. yy: 24 [mm] Passo: 10 [cm]

Copri ferro inf: 4 [cm] Copri ferro sup: 4 [cm]

Cond. ambientali: Ordinaria

Tipo elemento: Piastre

OK Annulla Applica Nuova... Attiva Banca...

Tabella armatura longitudinale

Tabella di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2018 Versione: Edifici nuovi

Tipo elemento: Guscio Unità di misura tensione: N/mm²

Gusci s.l.

Tabella: verifica a taglio piastra di base Modifica...

Classe dei materiali: Rck = 45.0 fyk = 450.0

Coeff partec. My: 0.5 Coeff partec. Sxy: 0.5

Orientam. armat.: Riferimento globale Angolo posa: 0

Taglio fuori piano: Sì, am. trasversale Ø staffe/spille: 12 [mm] Braccia/m: 5

Amatura superiore base

Ø base xx: 24 [mm] Passo: 15 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 15 [cm]

Amatura inferiore base

Ø base xx: 24 [mm] Passo: 15 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 15 [cm]

Amatura aggiuntiva

Ø agg. xx: 24 [mm] Passo: 10 [cm] Ø agg. yy: 24 [mm] Passo: 10 [cm]

Copri ferro inf: 4 [cm] Copri ferro sup: 4 [cm]

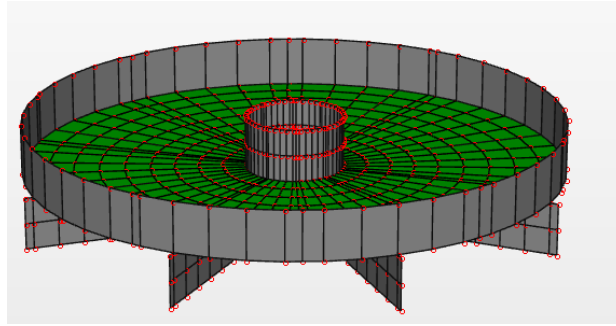
Cond. ambientali: Ordinaria

Tipo elemento: Piastre

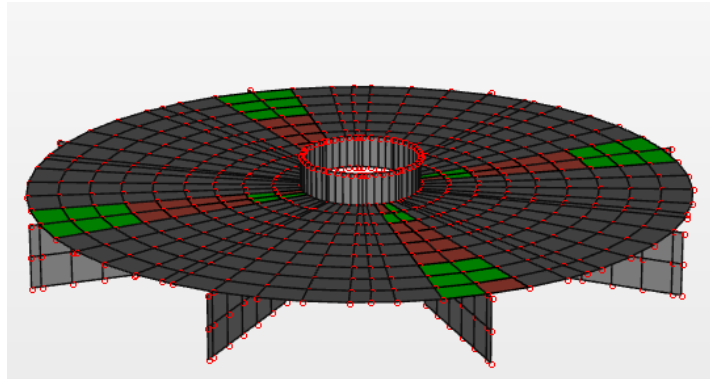
OK Annulla Applica Nuova... Attiva Banca...

Tabella armatura a taglio

Le verifiche riportate in dettaglio nei tabulati di calcolo hanno dato esito positivo.



Verifica armatura longitudinale

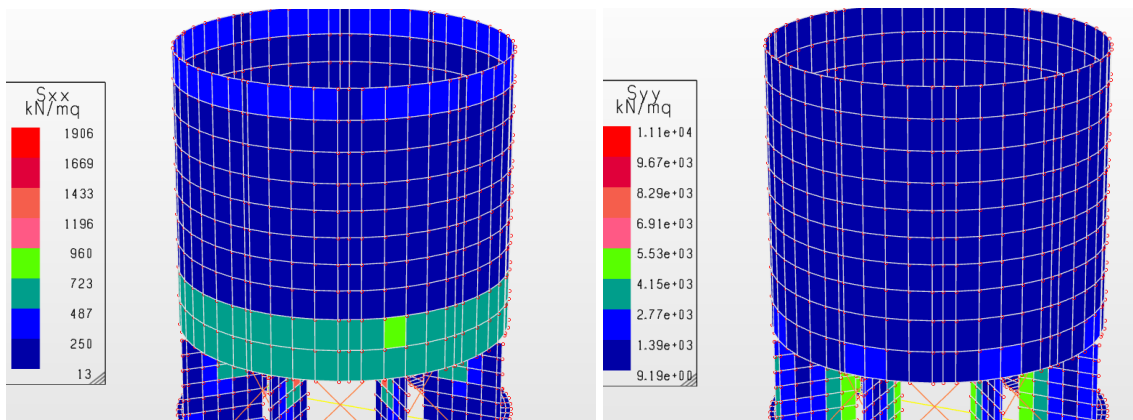


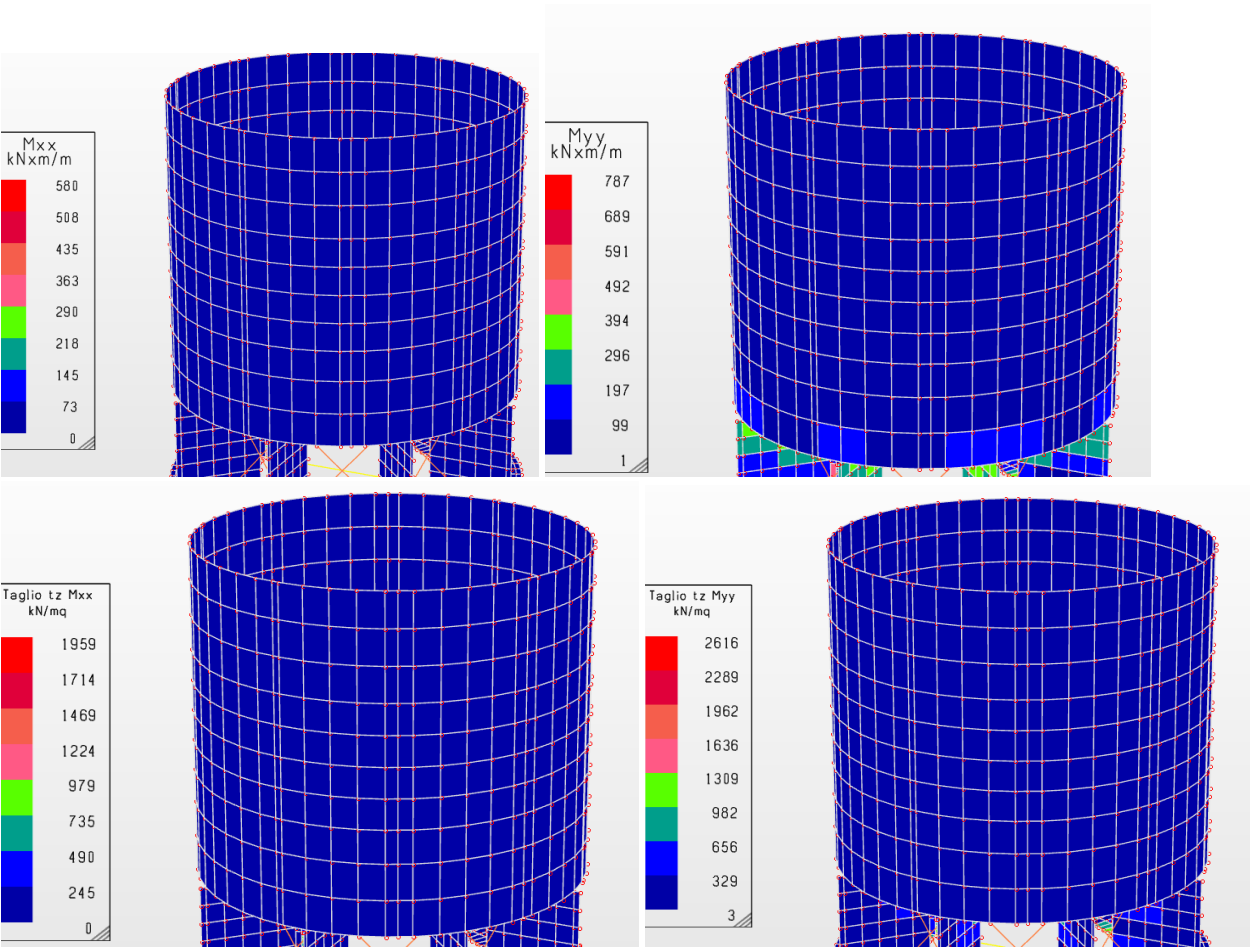
Verifica armatura a taglio

La presenza di porzioni rosse indica la necessità di armare a taglio le piastre. Si è considerato quindi spille ϕ 12 con 5 braccia al metro.

12.6 Pareti verticali esterne serbatoio

Le pareti verticali esterne del serbatoio in c.a. hanno uno spessore di 0,35 m, prima di passare alle verifiche si riportano le sollecitazioni:





Sollecitazioni

Per le verifiche si è utilizzata la seguente tabella andando a verificare le pareti verticali come gusci capaci di rispettare le verifiche imposte dall'NTC.

L'armatura lungo x rappresenta l'armatura orizzontale mentre l'armatura lungo y quella verticale.

Tabella di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2018 Versione: Edifici nuovi

Tipo elemento: Guscio Unità di misura tensioni: N/mm²

Gusci s.l.

Tabella: pareti verticali serbatoio (attiva) Modifica...

Classe dei materiali: Rck = 45.0 fyk = 450.0

Coeff partec. Mxy: 0.5 Coeff partec. Sxy: 0.5

Orientam. amat.: Riferimento globale Angolo posa: 0

Taglio fuori piano: Si, am. trasversale Ø staffe/spille: 12 [mm] Braccia/m: 5

Armatura superiore base

Ø base xx: 16 [mm] Passo: 15 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura inferiore base

Ø base xx: 16 [mm] Passo: 15 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura aggiuntiva

Ø agg. xx: 16 [mm] Passo: 10 [cm] Ø agg. yy: 24 [mm] Passo: 10 [cm]

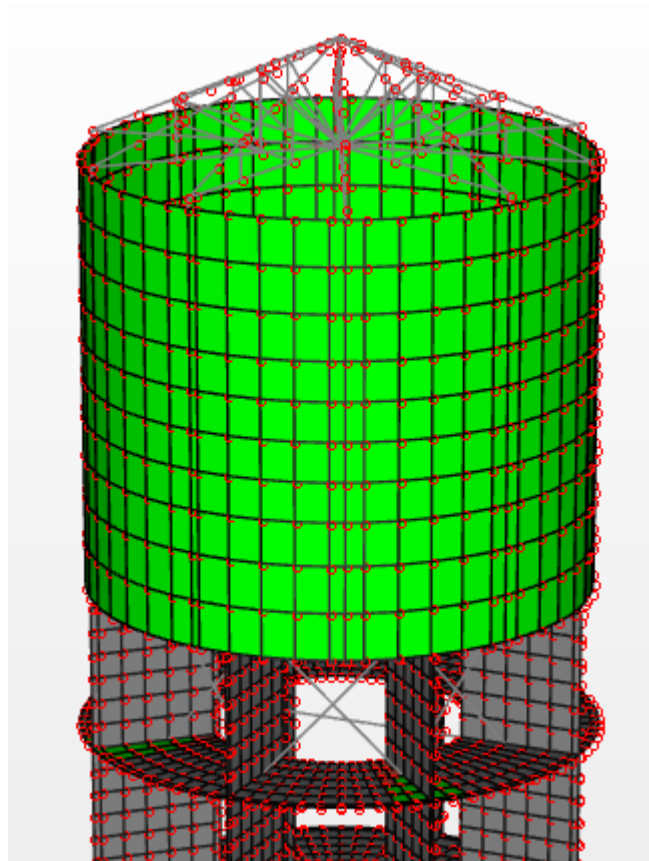
Copri ferro inf: 4 [cm] Copri ferro sup: 4 [cm]

Cond. ambientali: Ordinaria

Tipo elemento: Piastre

OK Annulla Applica Nuova... Attiva Banca...

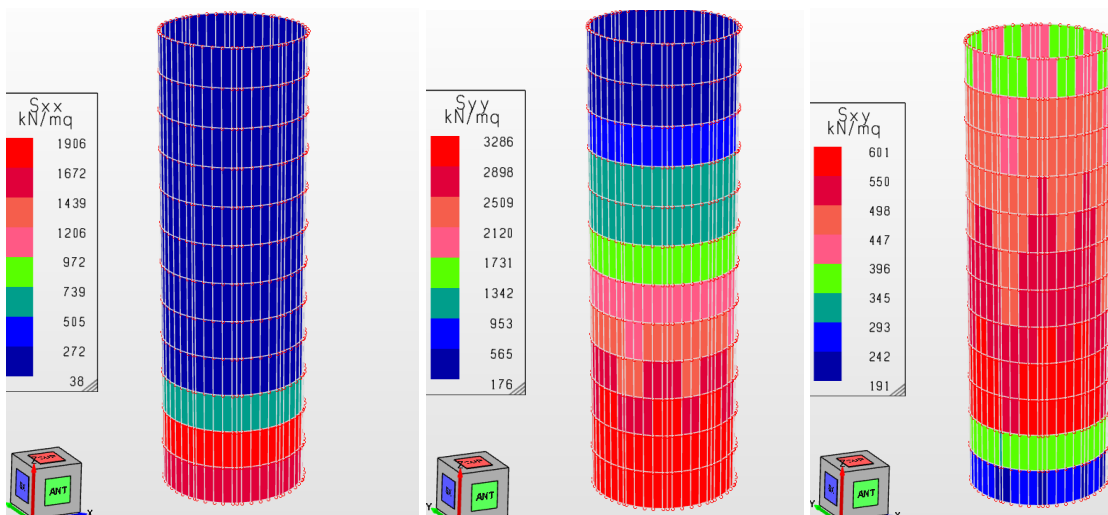
Tabella di verifica

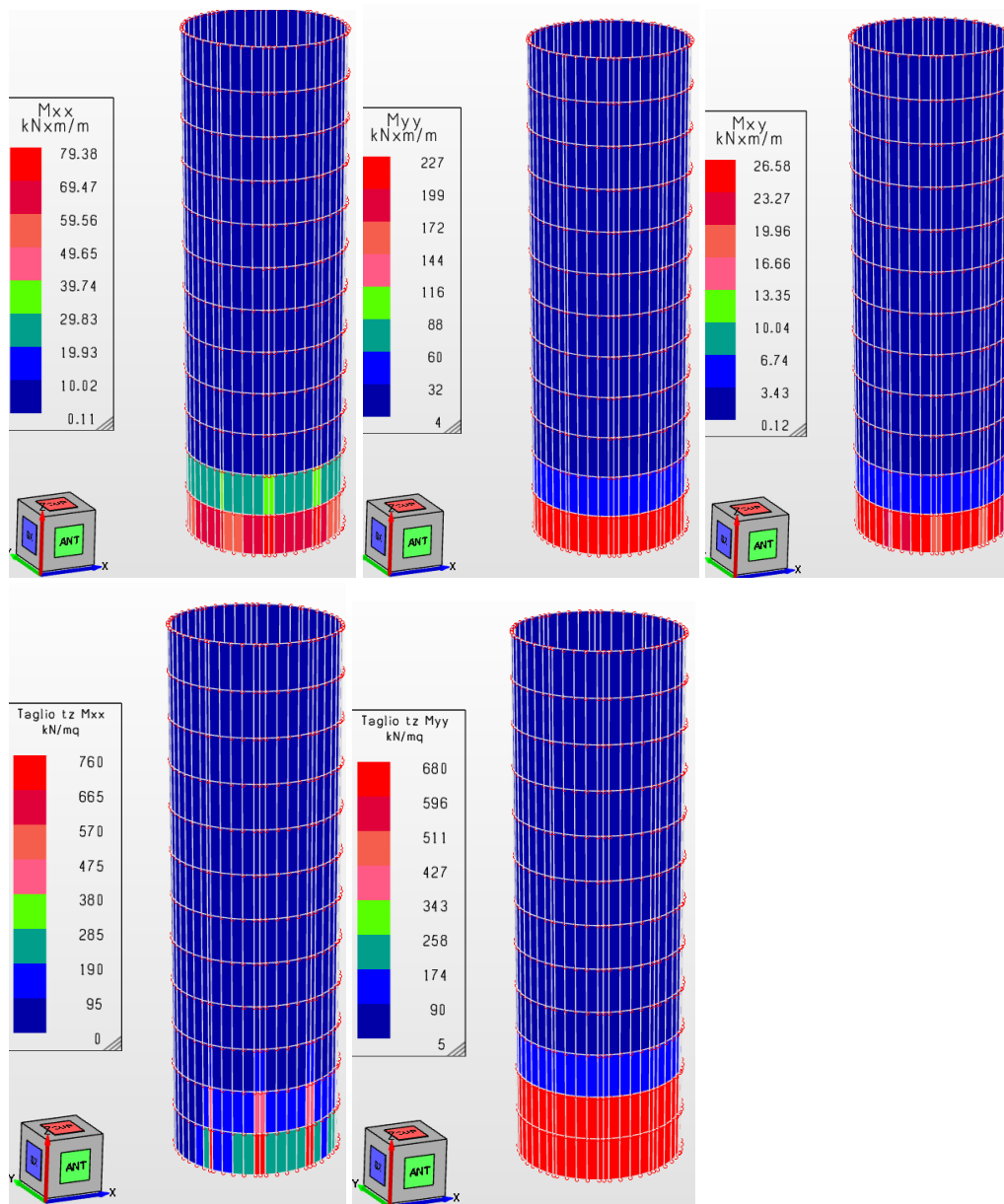


Verifica armatura longitudinale ed a taglio

12.7 Pareti verticali interne serbatoio

Le pareti verticali interne del serbatoio in c.a. hanno uno spessore di 0,35 m, prima di passare alle verifiche si riportano le sollecitazioni:





Sollecitazioni

Per le verifiche si è utilizzata la seguente tabella andando a verificare le pareti verticali come gusci capaci di rispettare le verifiche imposte dall'NTC.

L'armatura lungo x rappresenta l'armatura orizzontale mentre l'armatura lungo y quella verticale.

Tabelle di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2018 Versione: Edifici nuovi

Tipo elemento: Guscio Unità di misura tensione: N/mm²

Gusci s.l.

Tabella: pareti verticali serbatoio (attiva) Modifica...

Classe dei materiali: Rck = 45.0 f_{yk} = 450.0

Coeff. partec. M_{xy}: 0.5 Coeff. partec. S_{xy}: 0.5

Orientam. amat.: Riferimento globale Angolo posa: 0

Taglio fuori piano: Si, am. trasversale Ø staffe/spille: 12 [mm] Braccia/m: 5

Armatura superiore base

Ø base xx: 16 [mm] Passo: 15 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura inferiore base

Ø base xx: 16 [mm] Passo: 15 [cm] Ø base yy: 24 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura aggiuntiva

Ø agg. xx: 16 [mm] Passo: 10 [cm] Ø agg. yy: 24 [mm] Passo: 10 [cm]

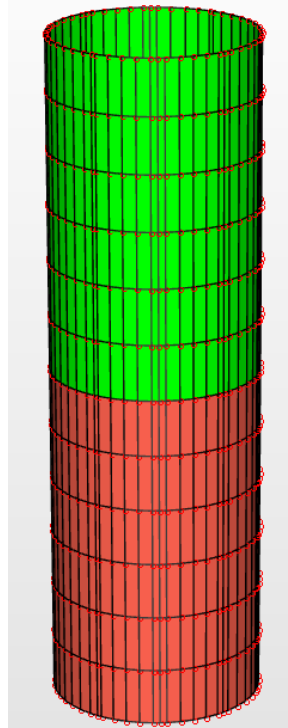
Copriferro inf: 4 [cm] Copriferro sup: 4 [cm]

Cond. ambientali: Ordinaria

Tipo elemento: Piastre

OK
Annulla
Applica
Nuova...
Attiva
Banca...

Tabella di verifica armatura

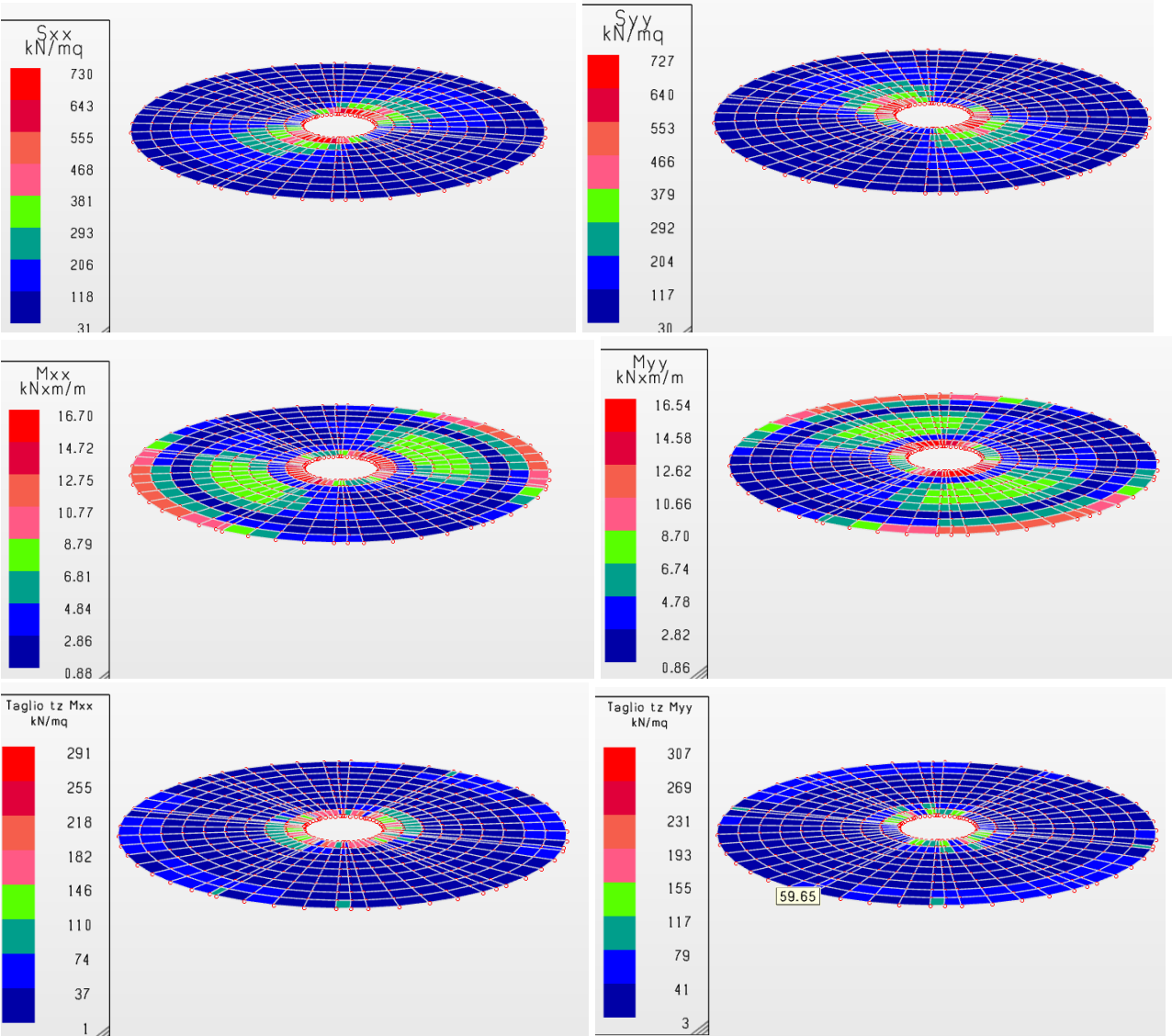


Verifica armatura longitudinale ed a taglio

Il colore rosso indica la necessità di armare a taglio la parete pertanto si è considerato quindi spille ϕ 12 con 5 braccia al metro.

12.8 Piastra di ispezione

La piastra di ispezione in c.a. ha uno spessore di 0,2 m. Di seguito si riportano le sollecitazioni e le verifiche eseguite.



Sollecitazioni

Tabella di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2018 Versione: Edifici nuovi

Tipo elemento: Guscio Unità di misura tensioni: N/mm²

Gusci s.l.

Tabella: Piastra di ispezione (attiva) Modifica...

Classe dei materiali: Rck = 45.0 fyk = 450.0 ...

Coeff partec. Mxy: 0.5 Coeff partec. Sxy: 0.5

Orientam. amat.: Assi locali

Armatura superiore base

Ø base xx: 20 [mm] Passo: 20 [cm] Ø base yy: 20 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura inferiore base

Ø base xx: 20 [mm] Passo: 20 [cm] Ø base yy: 20 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura aggiuntiva

Ø agg. xx: 20 [mm] Passo: 20 [cm] Ø agg. yy: 20 [mm] Passo: 20 [cm]

Copri ferro inf: 4 [cm] Copri ferro sup: 4 [cm]

Cond. ambientali: Ordinaria

Tipo elemento: Piastre

OK Annulla Applica Nuova... Attiva Banca...

Tabella armatura longitudinale

Tabelle di MasterArm - banca locale

Normativa: NTC-2018 Versione: Edifici nuovi

Tipo elemento: Guscio Unità di misura tensioni: N/mm²

Gusci s.l.

Tabella: VERIFICA A TAGLIO PIASTRA DI ISPEZIONE (attiva) Modifica...

Classe dei materiali: Rck = 45.0 f_{yk} = 450.0

Coeff partec. Mxy: 0.5 Coeff partec. Sxy: 0.5

Orientam. armat.: Riferimento globale Angolo posa: 0

Taglio fuori piano: SI, am. trasversale Ø staffe/spille: 12 [mm] Braccia/m: 5

Armatura superiore base
Ø base xx: 20 [mm] Passo: 20 [cm] Ø base yy: 20 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura inferiore base
Ø base xx: 20 [mm] Passo: 20 [cm] Ø base yy: 20 [mm] Passo: 20 [cm]

Armatura aggiuntiva
Ø agg. xx: 20 [mm] Passo: 20 [cm] Ø agg. yy: 20 [mm] Passo: 20 [cm]

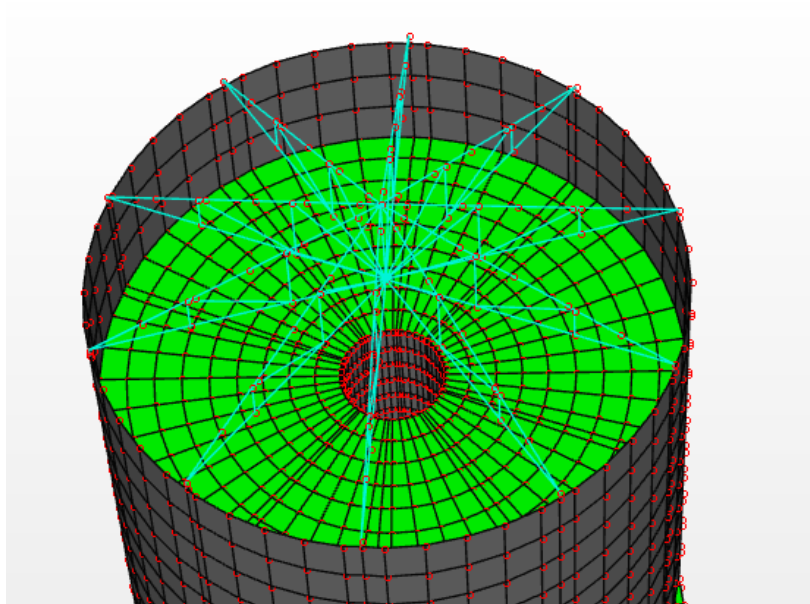
Copriferro inf: 4 [cm] Copriferro sup: 4 [cm]

Cond. ambientali: Ordinaria

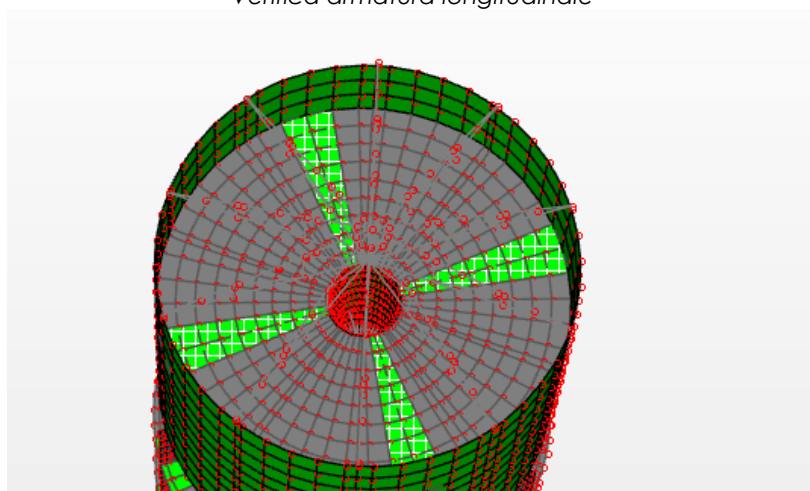
Tipo elemento: Piastre

OK
Annulla
Applica
Nuova...
Attiva
Banca...

Tabella armatura a taglio



Verifica armatura longitudinale



Verifica armatura a taglio

Essendo la verifica a taglio di colore verde non è necessario armare a taglio tale piastra.

12.10 Scala

12.10.1 Trave principale

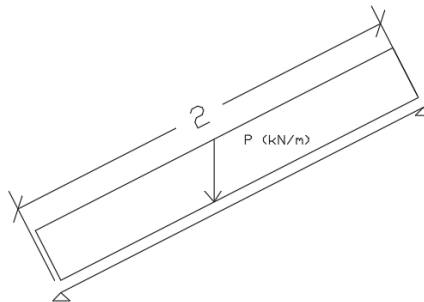
La trave principale della scala è una HEA200, ai fini del calcolo strutturale è stata considerata come trave su due appoggi con una luce a favore di sicurezza pari a 2 m. Di seguito si riporta l'analisi dei carichi per la trave principale e le verifiche a taglio e flessione eseguite sulle sezioni più sollecitate.

SCALA RAMPA				
	spessore	Peso	Interasse	peso
Gk1	m	KN/m^2	m	KN/m
Grigliato		1	0,9	0,9
HEA200		0,42		0,42
		tot		1,32
Gk2				
Parapetto acciaio	-	-		0,6
Rivestimento				0
		tot		0,6
QK				
Folla		1	0,9	0,9

Le verifiche sono state eseguite considerando la seguente combinazione di carico.

- Combinazione FONDAMENTALE per gli stati limite ultimi SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_{G2} \cdot G_{k2} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots$$



TRAVE PRINCIPALE SCALA			
HEA	200		
CARICO SLU FOND			
Gk1	1,72	KN/m	
GK2	0,90	KN/m	
Qk	1,35	KN/m	
P	3,97	KN/m	

Noto il carico viene valutato il momento sollecitante in mezzzeria ed il taglio all'appoggio.

$$M = \frac{1}{8} P l^2$$

$$V = \frac{P l}{2}$$

Si riportano le verifiche a flessione e taglio soddisfatte.

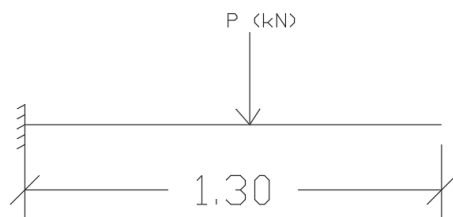
SOLLECITAZIONI		
M	1,98	KN*m
T	3,97	KN

VERIFICA FLESSIONE		
Wx	388,6	cm ³
Wx	388600	mm ³
M	1983000	N mm
f _d	261,9048	N/mm ²
σ	5,102934	N/mm ²
σ < f _d		
VERIFICA A TAGLIO		
V	3966	KN
t	6,5	mm
h	170	mm
f _y	275	N/mm ²
τ	3,58914	N/mm ²
τ _d	151,2108	N/mm ³
τ < τ _d		

12.10.2 Trave secondaria

La trave secondaria ha la stessa sezione della trave principale ovvero un HEA200, tale trave viene incastrata ai setti in c.a e permette alla trave principale di poggiare su di essa e trasferire le sollecitazioni alla struttura in c.a.

Di seguito si riporta lo schema statico utilizzato con le sollecitazioni e le verifiche a taglio e flessione eseguite.



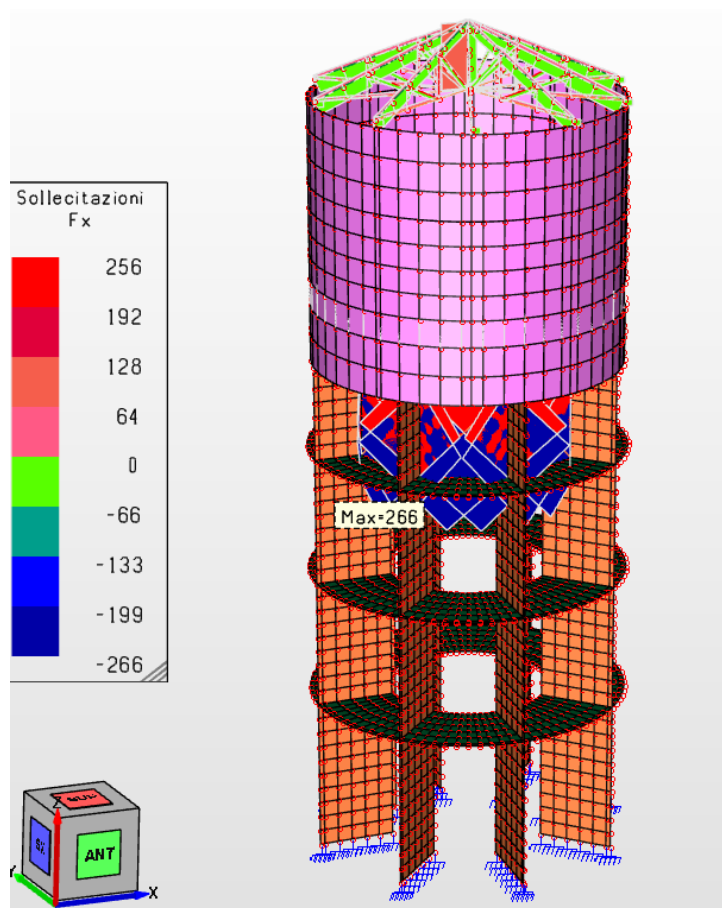
TRAVE SECONDARIA SCALA				SOLLECITAZIONI		
HEA	200			M	5,16	KN*m
P	7,93	KN		T	7,93	KN

VERIFICA FLESSIONE		
Wx	388,6	cm ³
Wx	388600	mm ³
M	5155800	N mm
f _d	261,9048	N/mm ²
σ	13,26763	N/mm ²
σ < f _d		

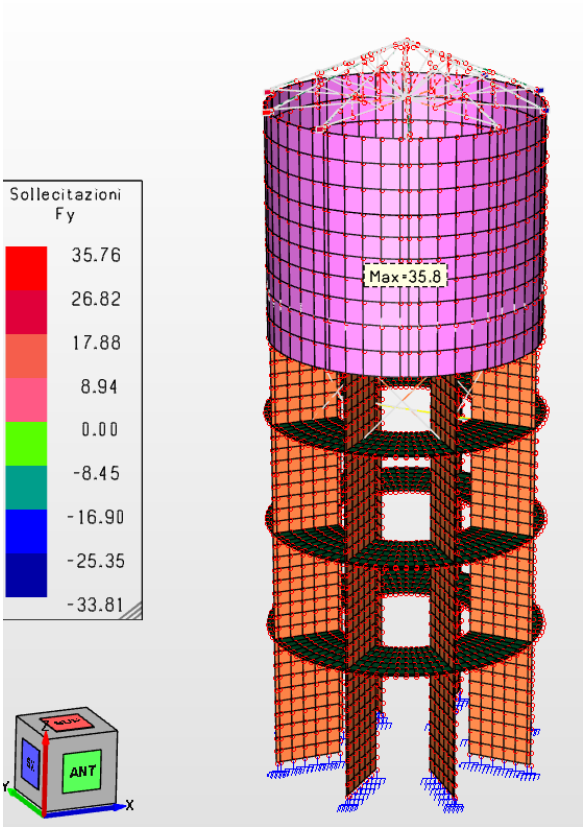
VERIFICA A TAGLIO		
V	7932	KN
t	6,5	mm
h	170	mm
f _y	275	N/mm ²
τ	7,178281	N/mm ²
τ _d	151,2108	N/mm ³
τ < τ _d		

13 ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI

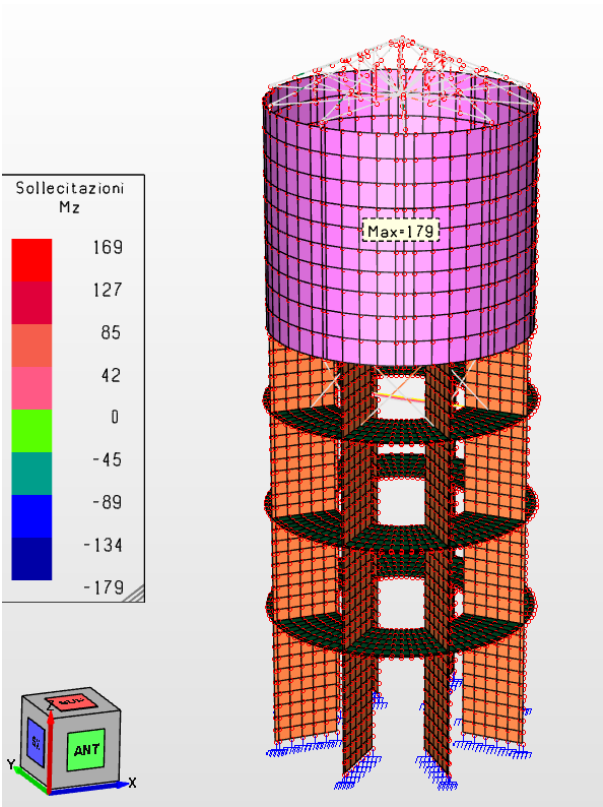
Di seguito, per completezza della trattazione, si riportano i diagrammi degli involuipi delle sollecitazioni ottenute; tutti i risultati dettagliati sono comunque presenti nei tabulati di calcolo. Le unità di misura utilizzate sono kN e m.



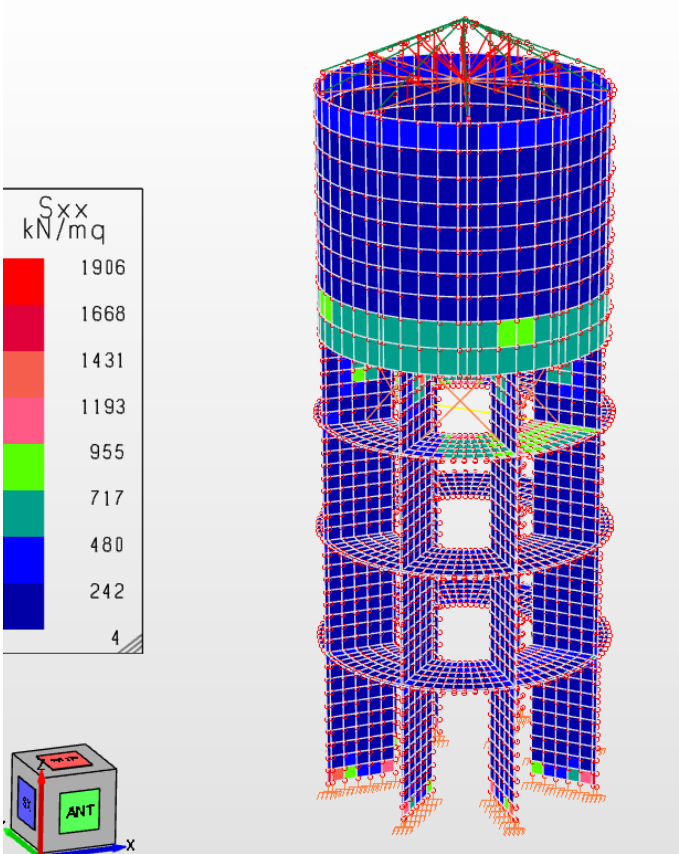
Involuppo sforzo normale F_x (unità di misura kN)



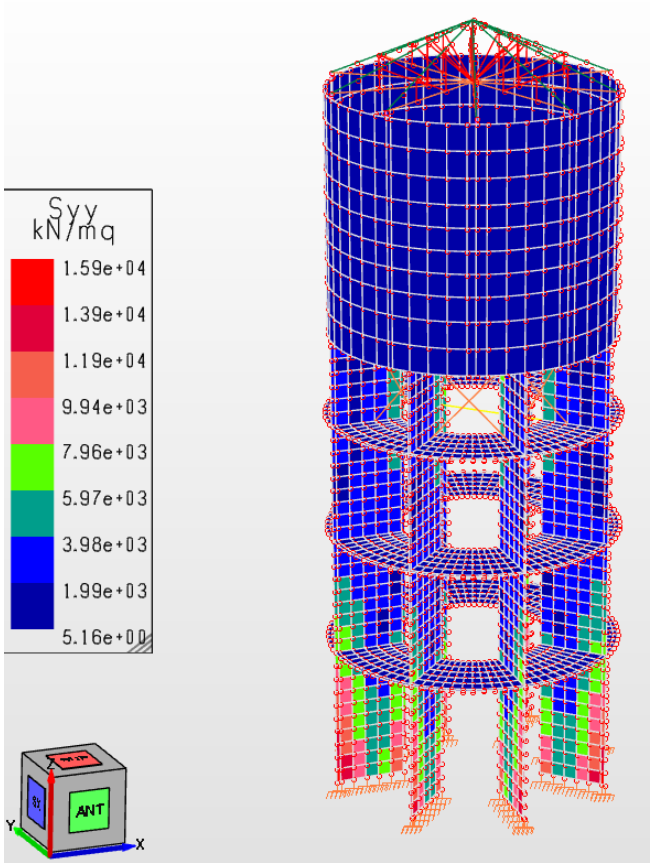
Inviluppo sollecitazioni di taglio F_y (unità di misura kN)



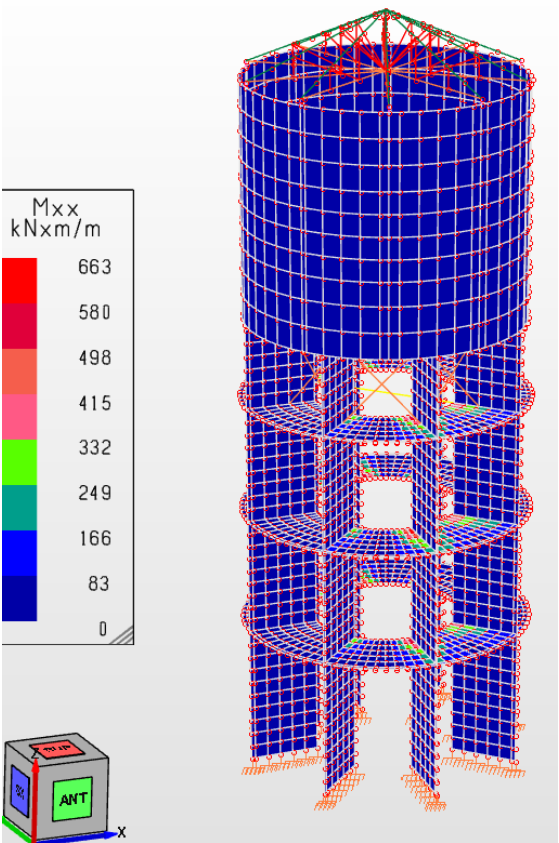
Inviluppo sollecitazioni flettenti M_z (unità di misura kNm)



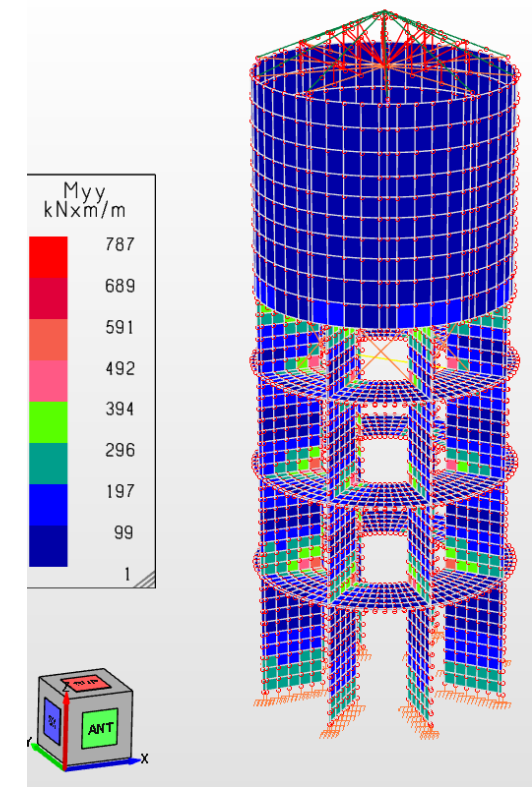
Inviluppo sforzo S_{xx} (unità di misura kN/mq)



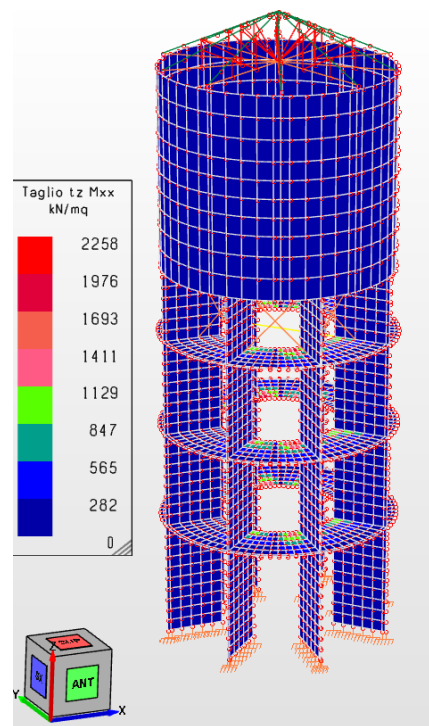
Inviluppo sollecitazioni S_{yy} (unità di misura kN/mq)



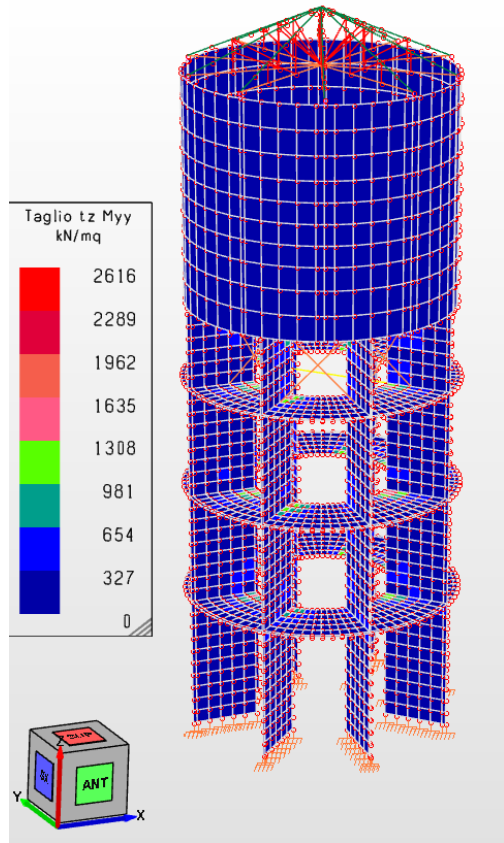
Inviluppo sollecitazioni flettenti M_{xx} (unità di misura kNm/m)



Inviluppo sollecitazioni flettenti M_{yy} (unità di misura kNm/m)



Inviluppo sollecitazioni flettenti Tz Mxx (unità di misura kN/mq)



Inviluppo sollecitazioni flettenti Tz Myy (unità di misura kN/mq)

14 CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo SLO (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti riportati al capitolo 7.3.6.1 dell'NTC.

Per le CU I e II ci si riferisce allo SLD (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_i \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_i \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{TP} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_i \leq d_{TP} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$qd_i \leq 0,0020 \cdot h \quad [7.3.13]$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$qd_i \leq 0,0030 \cdot h \quad [7.3.14]$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

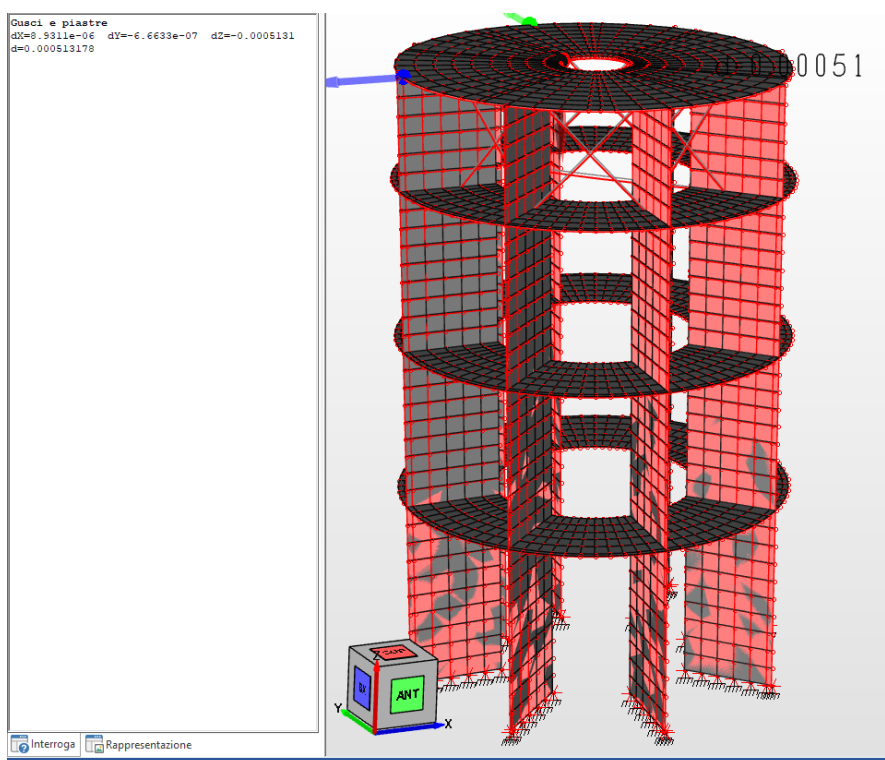
$$qd_i < 0,0025 \cdot h \quad [7.3.15]$$

dove:

d_i è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

h è l'altezza del piano.

Tale verifica risulta soddisfatta essendo lo spostamento di interpiano minore ai valori riportati in normativa.



Spostamento interpiano

Spostamento di progetto 0.5 mm, limite di normativa 53,5mm.