

17/03/2017

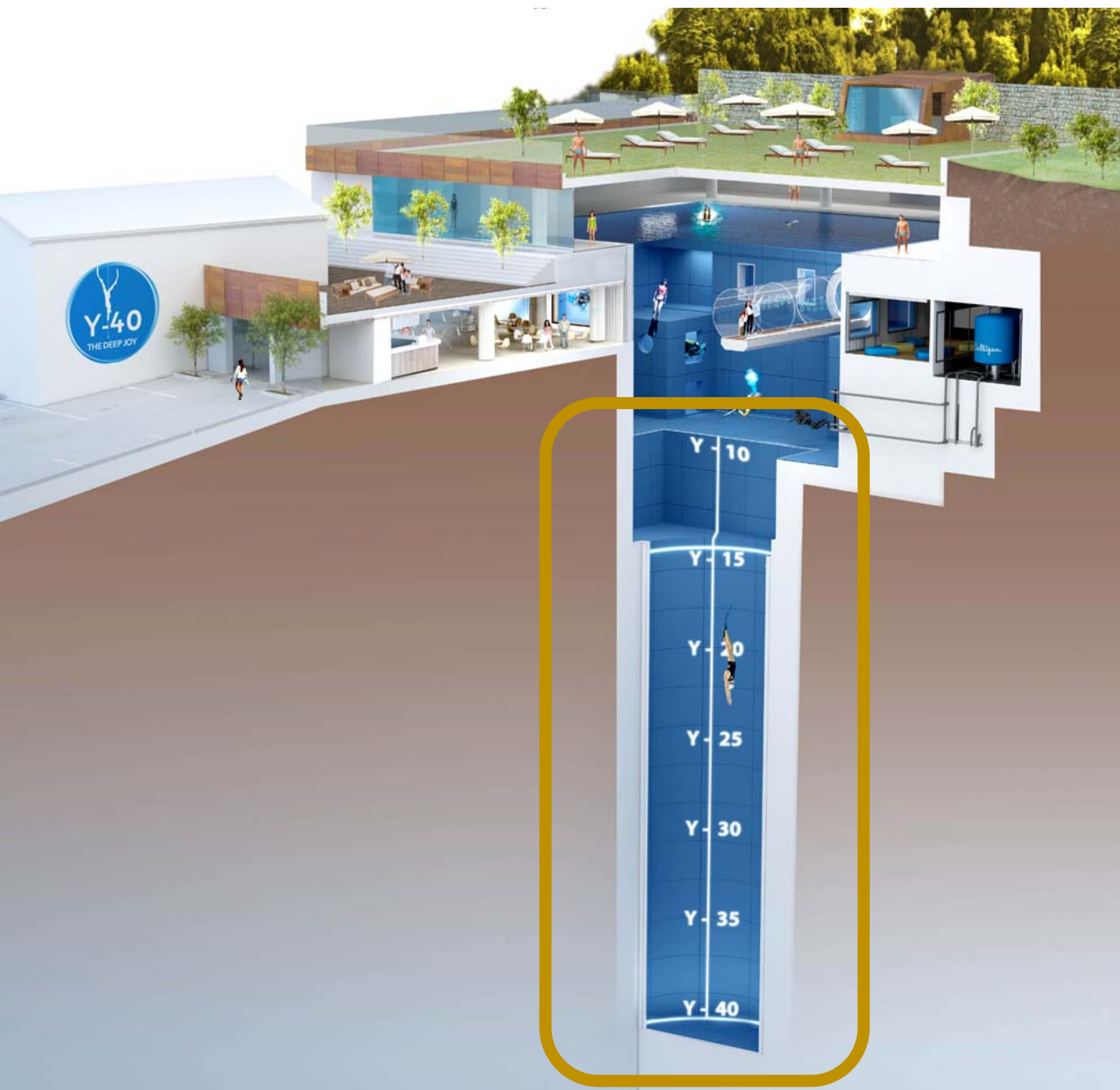


La piscina più profonda al mondo

Ing. Maria Pavanello

Progettazione del pozzo da -10 m a -43 m

MODELLAZIONE E CALCOLI STRUTTURALI

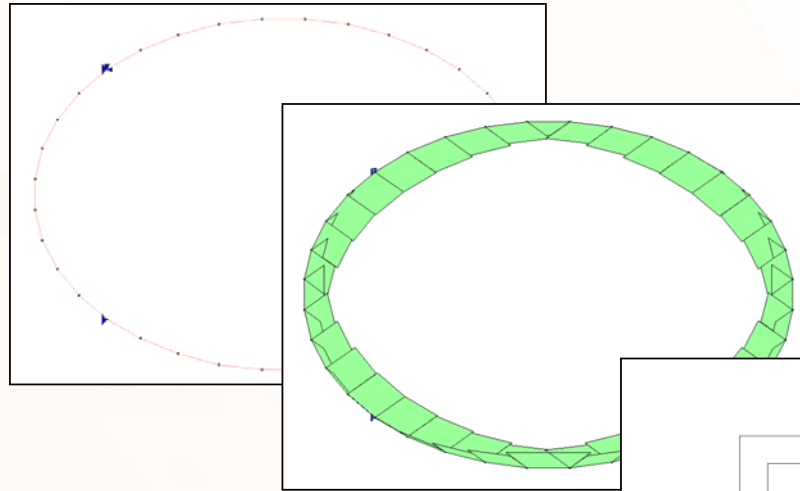


Progettazione opere profonde:

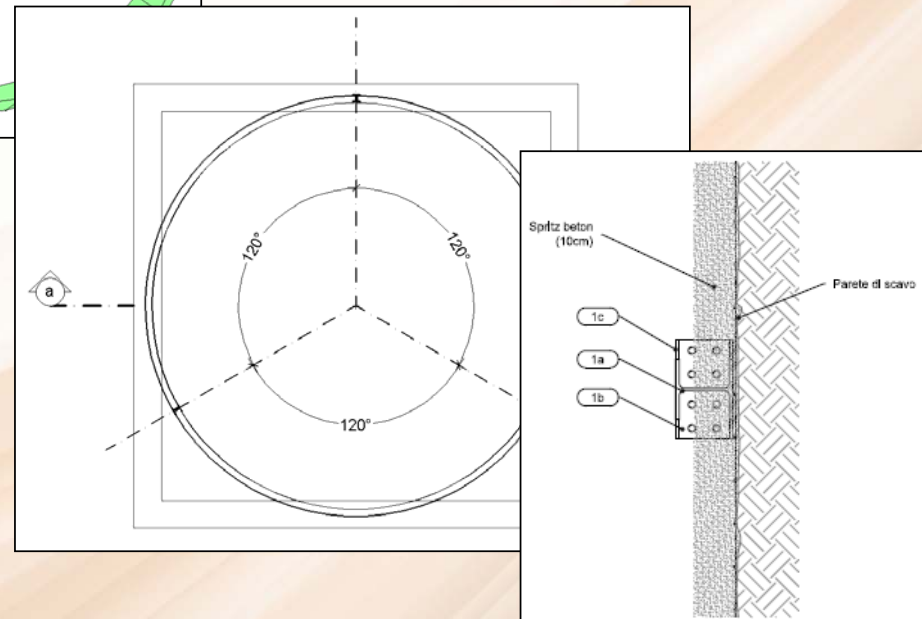
- Da quota -10 m fino alla profondità massima di -42 m;
- Composta da 3 vasche di sezioni variabili;
- Solo questa porzione di vasca contiene 1076 m³ d'acqua;
- Lo scavo ha comportato la rimozione di più di 2000 m³ di terreno;
- Il volume di getto impiegato è superiore agli 800 m³
- La pressione dell'acqua è pari a circa 4,15 Atm alla massima profondità

Progetto del sostegno dello scavo del «pozzo circolare».

- Per rendere più agevole la posa della centina, l'anello metallico è stato suddiviso in 3 elementi di medesima geometria
- Per garantire una connessione rigida e dare continuità fra gli spezzoni è stata progettata una piastra provvista di 8 bulloni



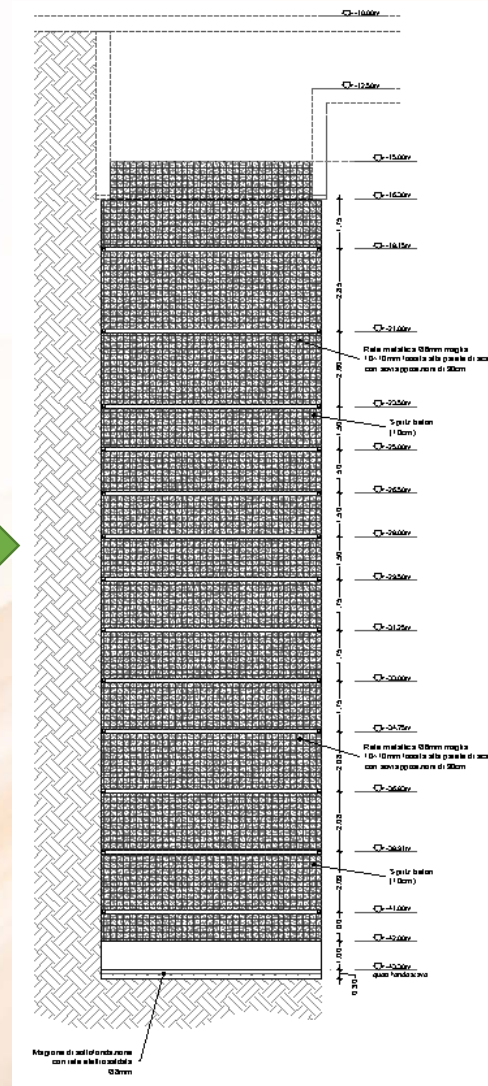
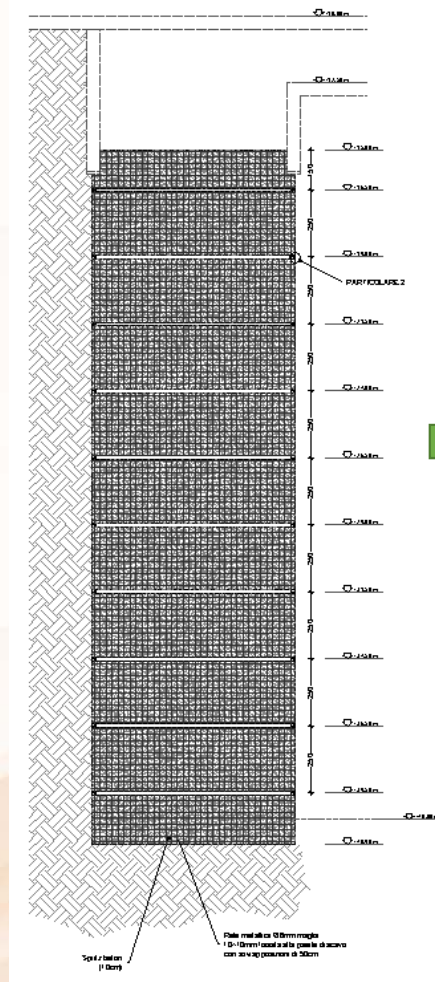
- Per la modellazione, l'anello è stato discretizzato con una spezzata composta di elementi beam
- I vincoli esterni imposti al modello sono tali da rendere il sistema isostatico e non avere perturbazioni degli sforzi assiali e tangenziali
- Per la progettazione sono stati considerate delle spinte del terreno variabili fra 1700kg/m^2 e 10200kg/m^2



Progetto del sostegno dello scavo del «pozzo circolare».

- ✓ Per il guscio in calcestruzzo è stato adottato uno spessore minimo pari a 10 cm ed è stato armato con rete e.s. $\emptyset 6/10 \times 10$
- ✓ Per la centina in acciaio è stato adottato un profilo HEA140 calandrato
- ✓ La sezione di scavo aveva un diametro pari a 760 cm

Disposizione ipotizzata



Disposizione realizzata

Progetto delle opere in c.a.: Ipotesi di progetto e analisi dei carichi

- ✓ Poiché la vasca è permanente riempita di acqua termale è stato scelto di utilizzare calcestruzzo con classe di esposizione XD2 (come prescritto dalla UNI EN 206-1) e classe di resistenza C32/40.
- ✓ Il copriferro minimo che è stato adottato è pari a 5 cm.
- ✓ La progettazione delle membrature in c.a. è stata svolta in accordo con le successive fasi operative di realizzazione delle opere.
- ✓ La progettazione della vasca cilindrica è stata svolta trascurando il contributo del guscio di spitz beton a sostegno dello scavo.

I carichi significativi considerati in fase di progettazione sono rappresentati da:

- Riempimento d'acqua – la pressione varia da 1 kg/cm² a 4,2 kg/cm²;
- Spinta delle terre – la spinta considerata varia da 0,17 kg/cm² a 0,46 kg/cm² dove è attiva la spinta ridotta dall'effetto arco a 1,11 kg/cm² nelle zone caratterizzate dalla presenza di lenti argillose a sabbiose;
- Pressione della falda considerata con una oscillazione compresa fra -15 e -18 m dal p. c. di progetto.

Il ΔT di temperatura indotto sulle pareti, dovuto alla differenza di temperatura fra interno ed esterno dovuto alla presenza di acqua termale a 32-34°C, non è risultato significativo nella progettazione della vasca.

La sollecitazione sismica da analisi preventive è risultata di modesta entità per la porzione di opera interrata, meno gravosa delle sollecitazioni indotte dagli altri carichi considerati, pertanto non significativa ai fini della progettazione

Concepimento delle fasi di lavoro.

La fase esecutiva ha previsto la realizzazione delle opere secondo la sequenza:

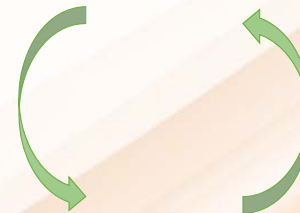
Scavi da quota -5 a
quota -15

Realizzazione pareti
vasca da -15 a -10

Realizzazione opere in
elevazione da -10 a 0

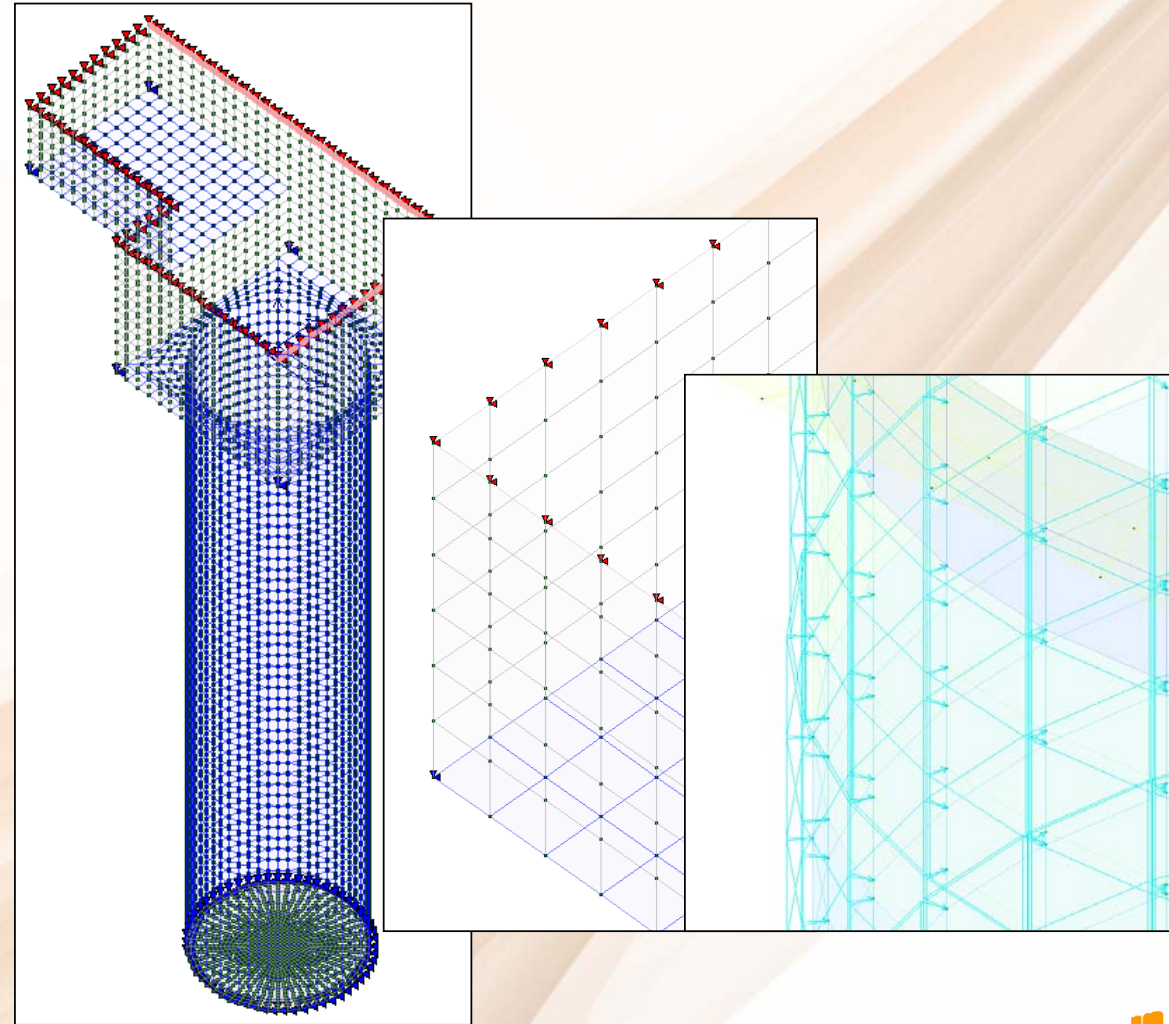
Scavo da quota -15 a
quota -43

Realizzazione vasca da
quota -43 a quota -15



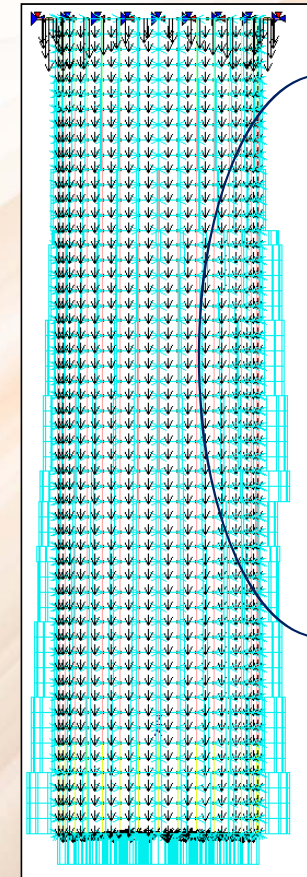
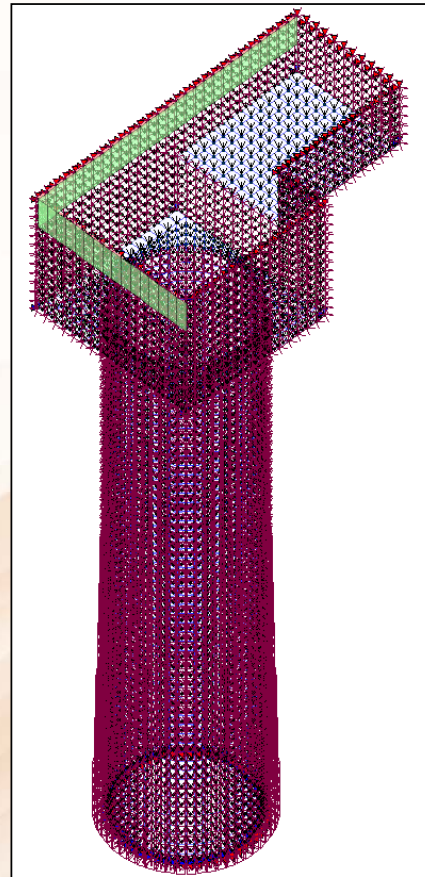
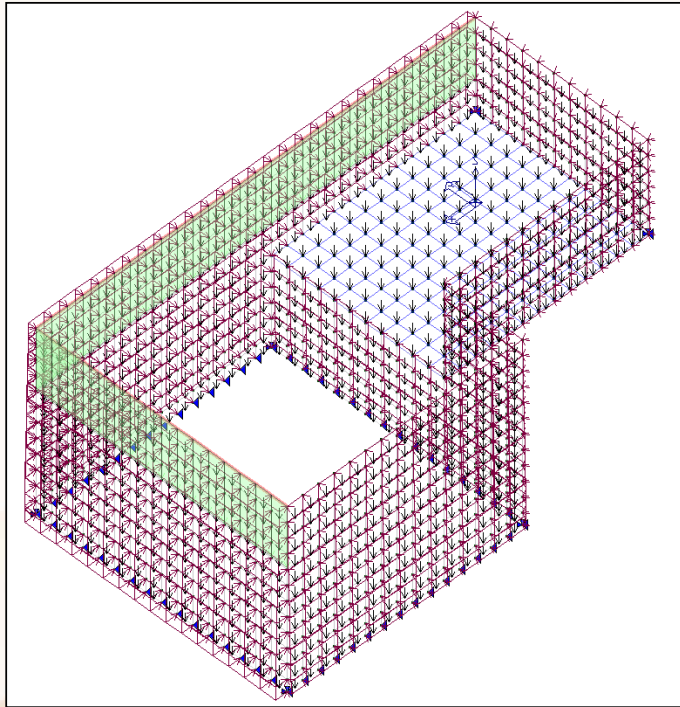
Modello di calcolo.

- ✓ La modellazione è stata eseguita utilizzando il programma agli elementi finiti PRO-SAP.
- ✓ Il modello è stato discretizzato con elementi plate & shell.
- ✓ La soletta e la trave di fondazione del piano -10.50 m garantiscono un vincolo rigido alla traslazione e rotazione delle pareti in elevazione.
- ✓ Per il piano di posa delle solette che completano la vasca in via cautelativa è stato considerato un modello di suolo elastico alla Winkler, caratterizzato da una costante di sottofondo pari a $K = 15 \text{ daN/cm}^3$ per i piani di spiccato -13.00m e -16.20 m e $K = 20 \text{ daN/cm}^3$ per il piano d'imposta a -43.00 m.
- ✓ La spinta delle terre, la massa dell'acqua e la relativa spinta idrostatica sono stati applicati al modello come pressione distribuita



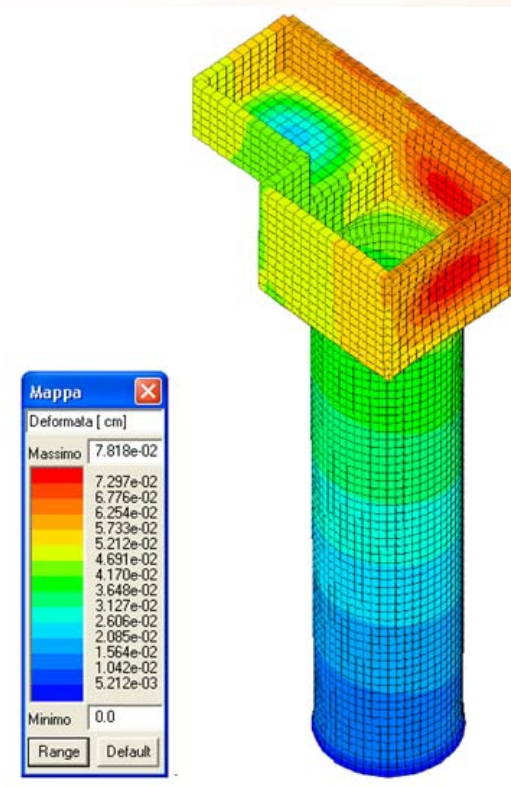
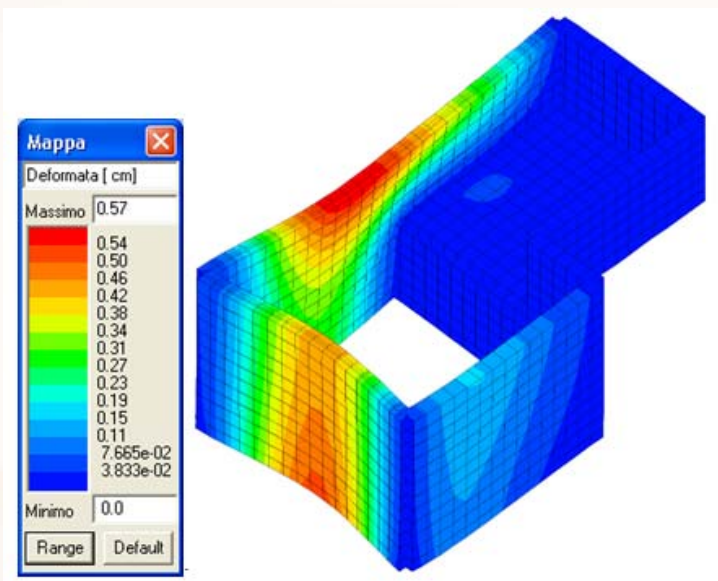
Sono stati elaborati tre modelli di calcolo:

- ✓ Uno rappresentativo della prima fase di lavoro costituito dalle sole pareti comprese fra quota -15 m e -10 m.
- ✓ Uno rappresentativo della vasca completamente realizzata fra quota -43 m e -10 m con valutazioni in fase temporanea e in fase di esercizio dell'opera
- ✓ Uno rappresentativo della sola vasca cilindrica in profondità con analisi dettagliate delle spinte delle terre



Evidenze dei risultati delle analisi – vasca a pareti piane.

Dal confronto degli output delle sollecitazioni fra i due modelli relativi alla fase temporanea di cantiere, si può appurare che, per quanto riguarda la vasca a sezione rettangolare, la condizione più cautelativa di verifica è rappresentata dalla prima fase di cantiere in quanto le pareti verticali che costituiscono la vasca risultano prive degli irrigidimenti trasversali costituiti dalle platee a quota -15.00 m e a quota -10.00 m.

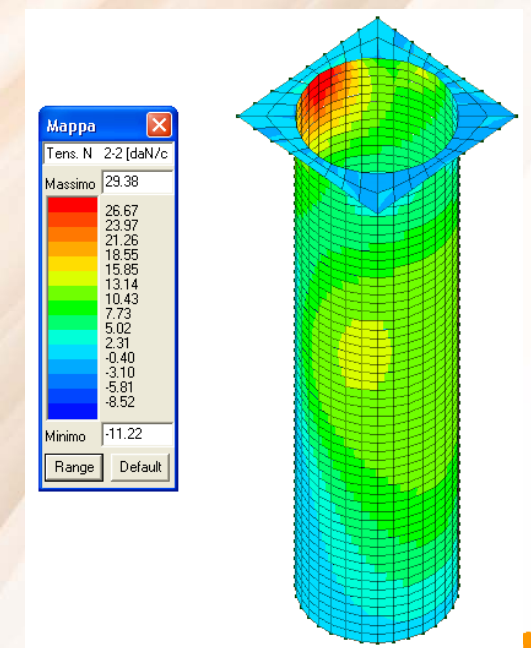
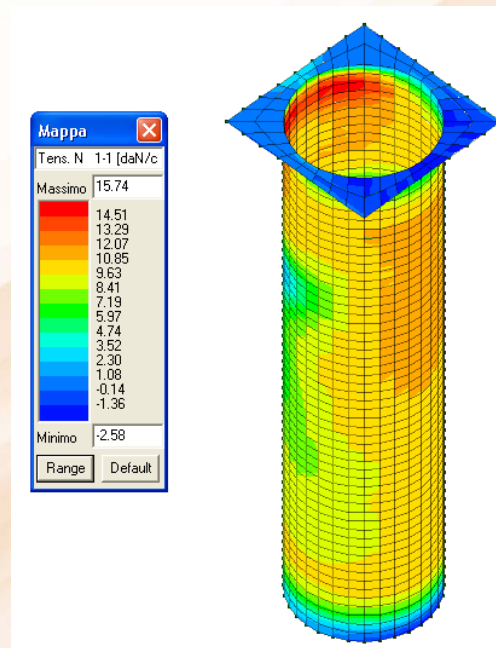
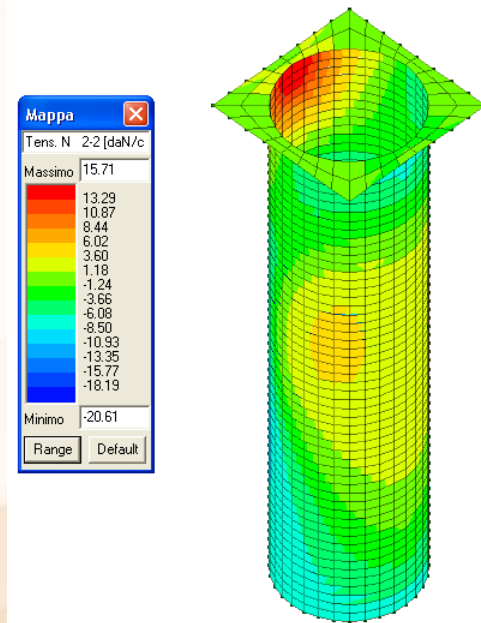
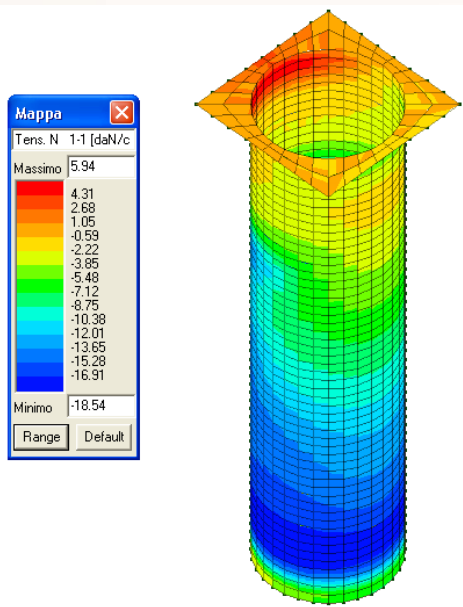


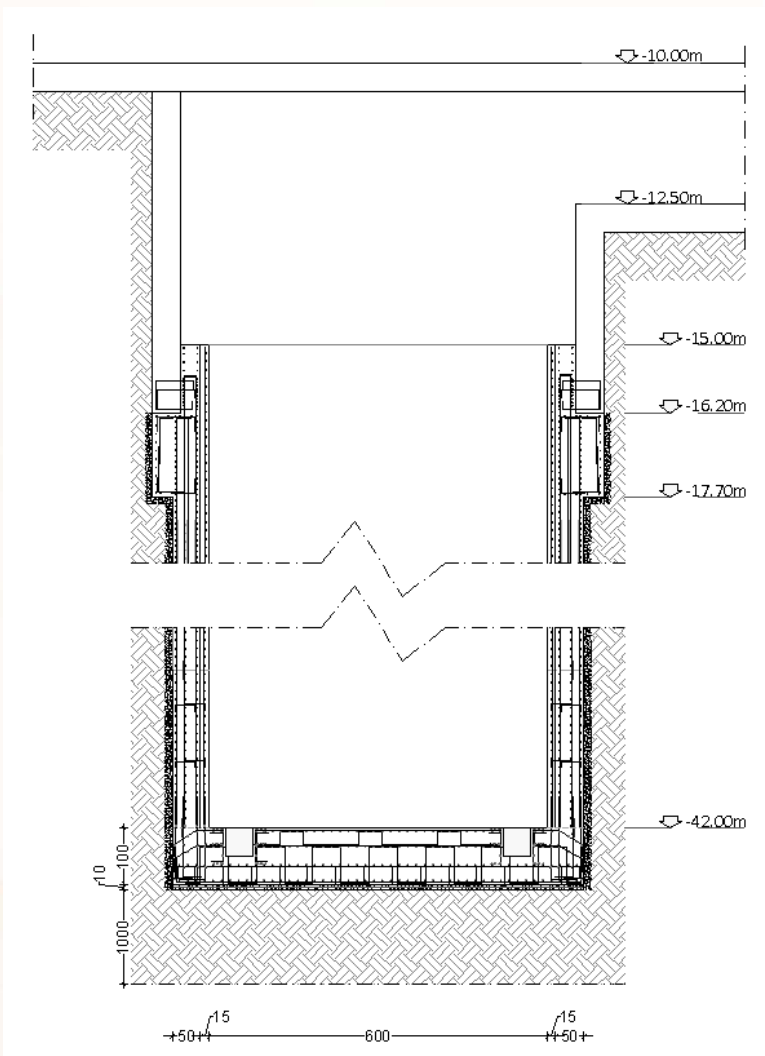
Evidenze dei risultati delle analisi – vasca a pareti piane.

Se la vasca è vuota le massime sollecitazioni flessionali (principalmente verticali) sono generate dalla disomogeneità delle spinte del terreno che generano incrementi maggiori di deformazione assiale.

Viceversa

In fase di esercizio quando la vasca è sollecitata dalla pressione dell'acqua di riempimento, lo stato di sollecitazione genera le massime tensioni tangenziali di trazione nella sezione cilindrica.





Geometria della vasca cilindrica
profonda (sezione verticale)

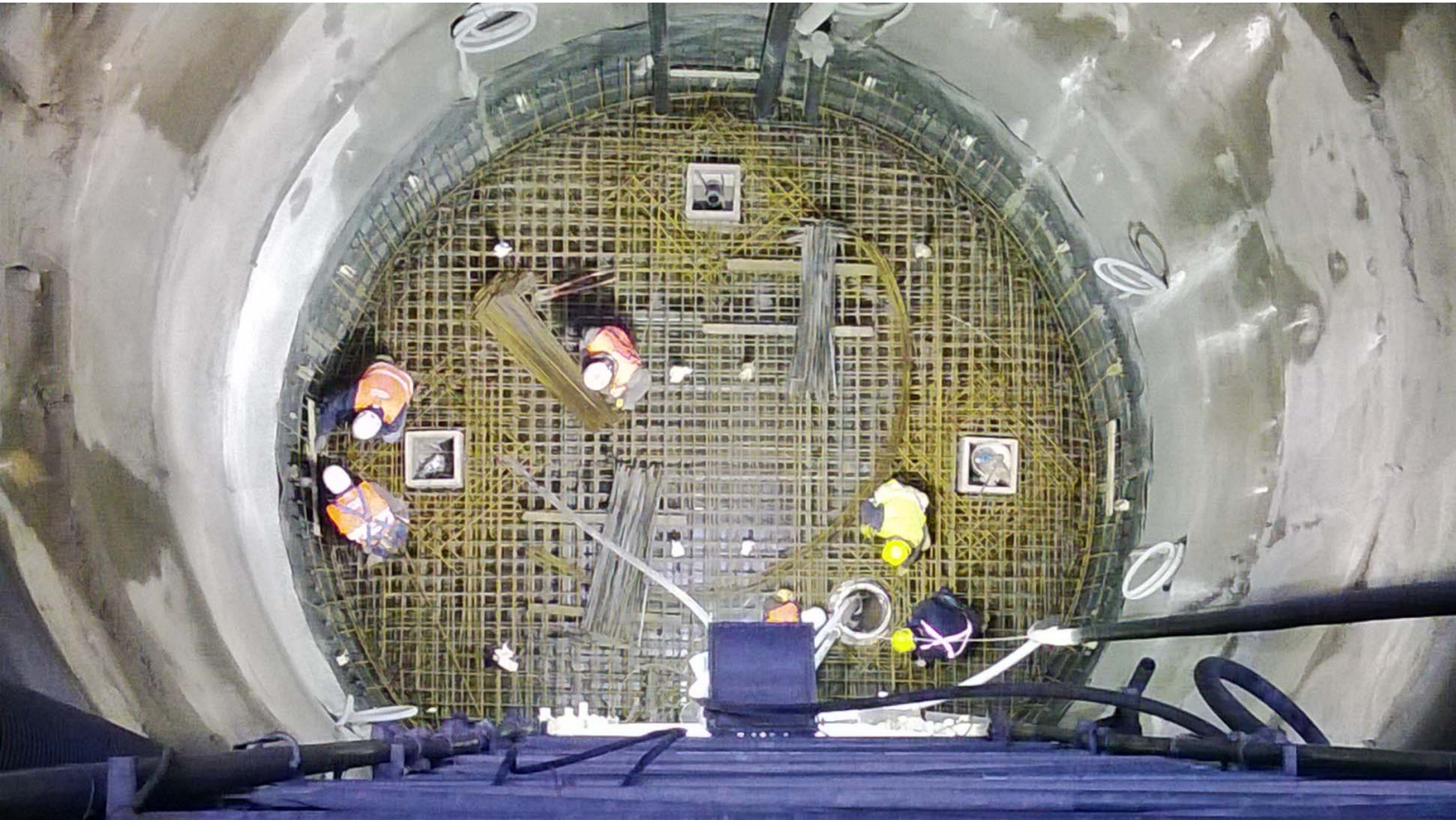






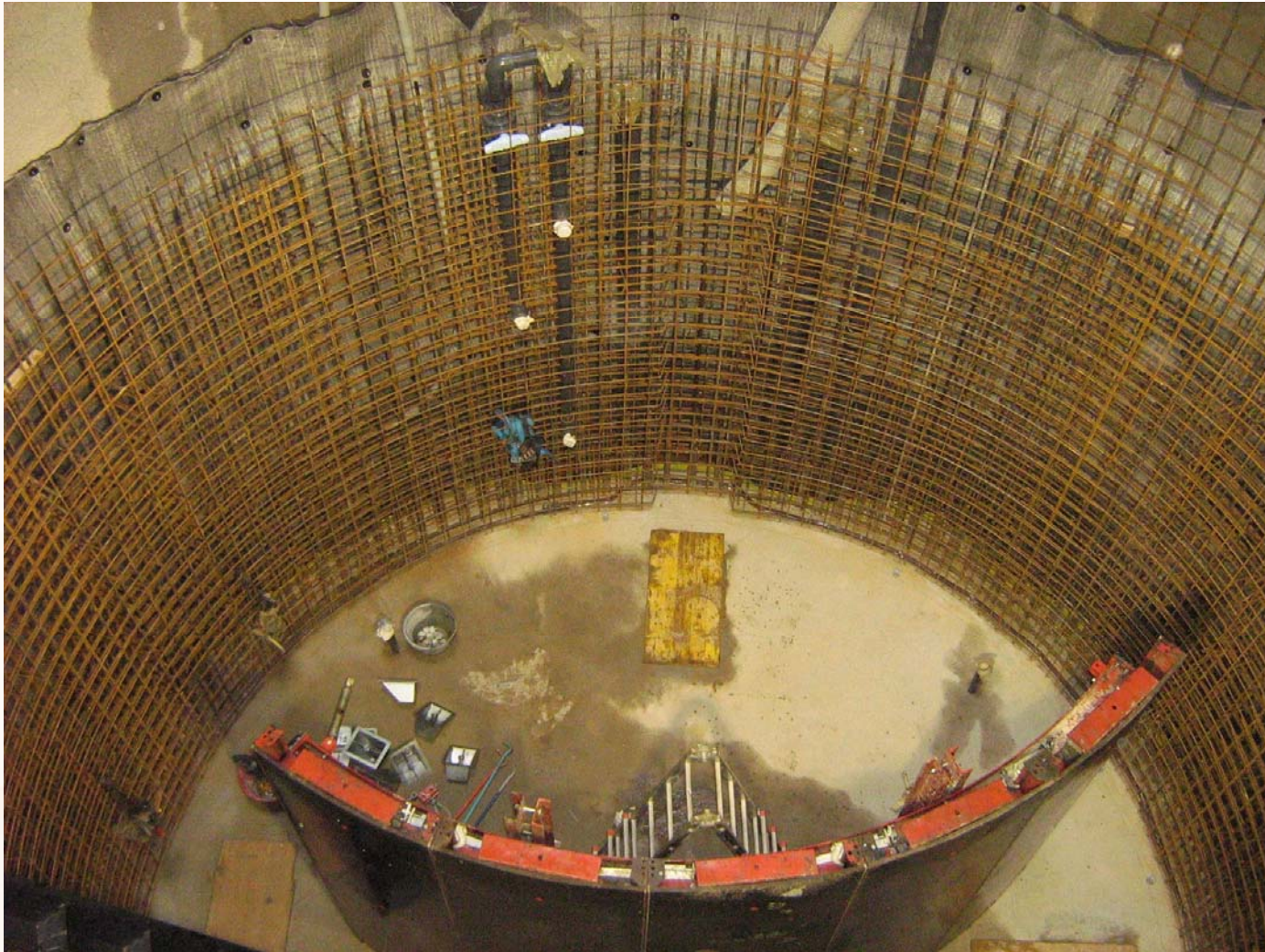


Scavo
-43 m

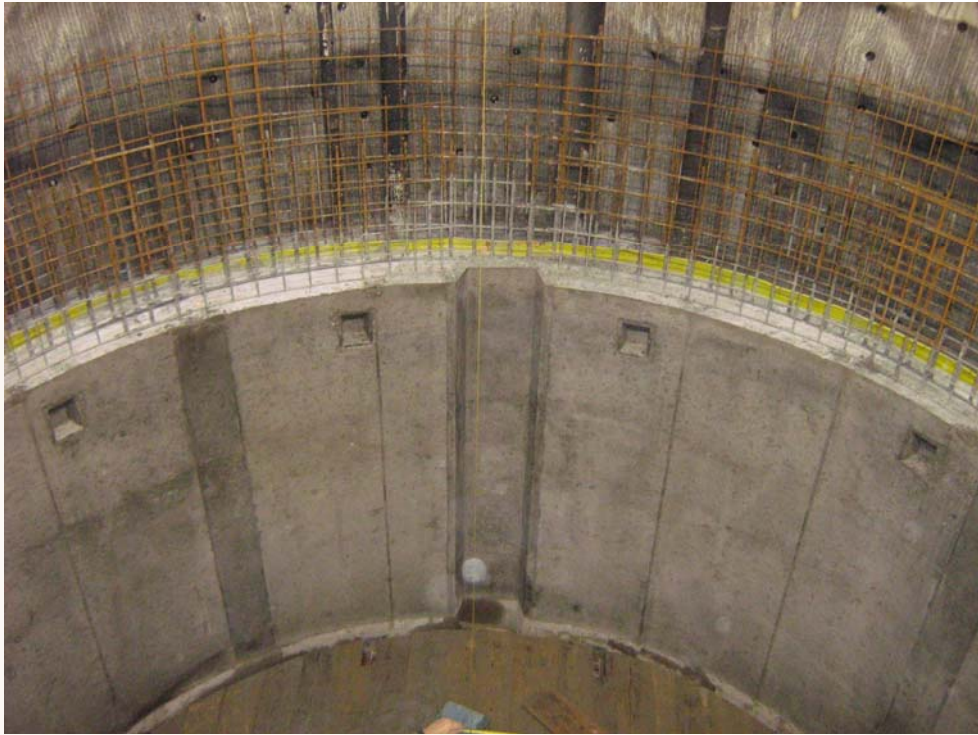














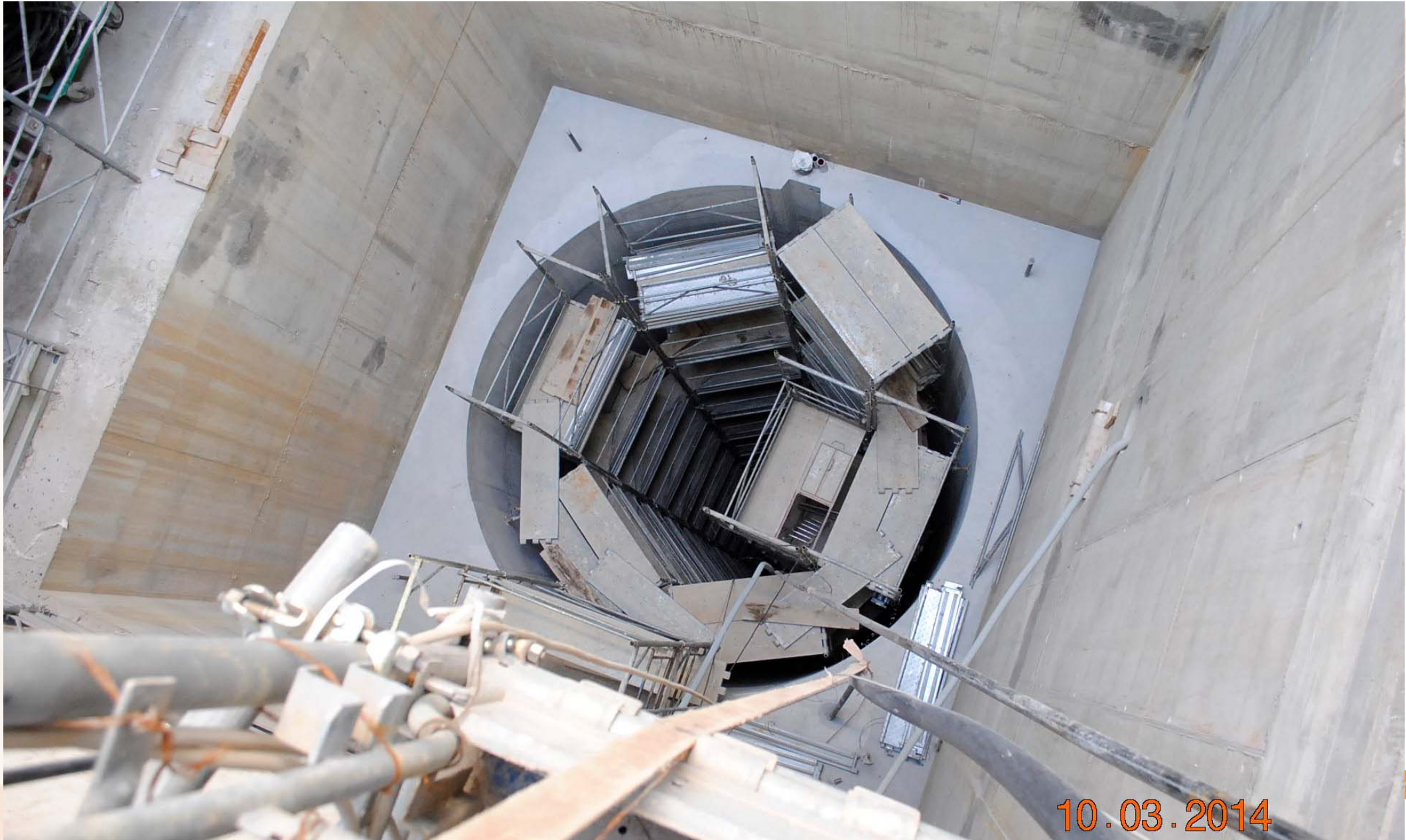






06.03.2014



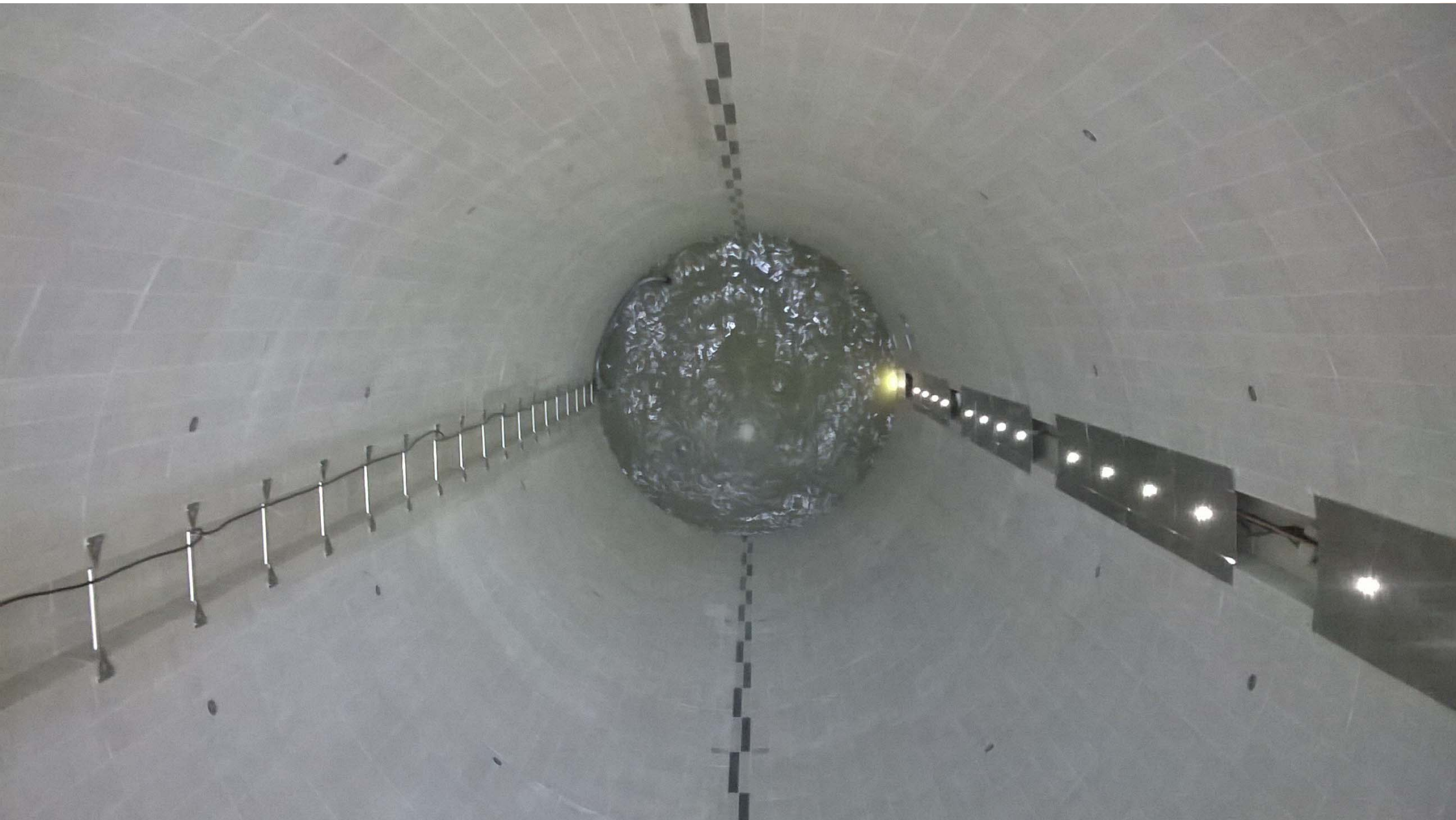














GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Maria Pavanello
IQT consulting S.p.A.
ROVIGO – Via L. Einaudi, 24/17