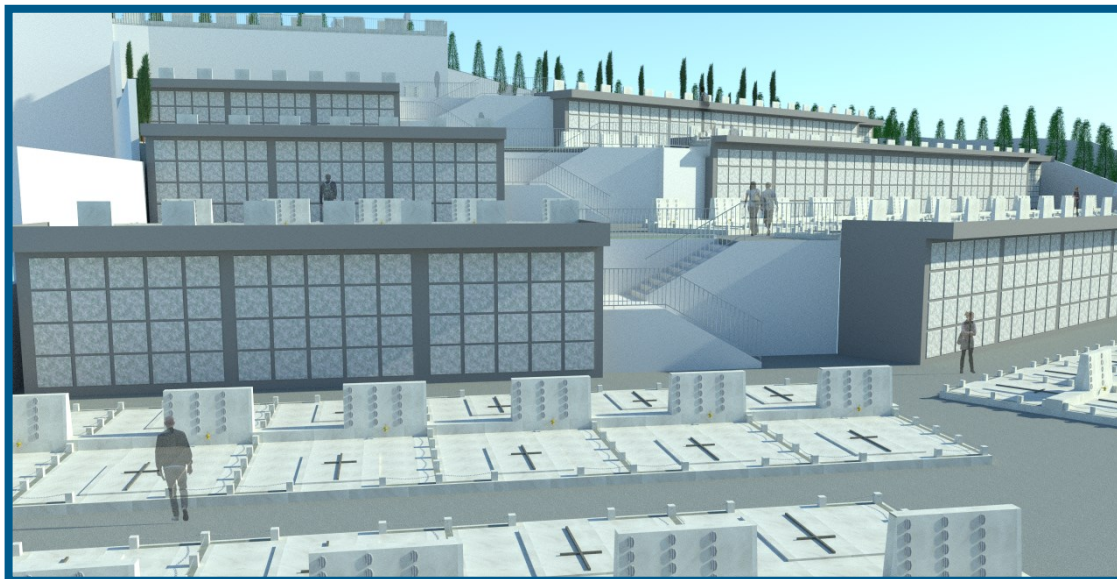


# PROGETTO ESECUTIVO

ai sensi degli articoli da 33 a 43 del D.P.R. 207/2010



## IL CONCESSIONARIO



**Amm.re Unico**  
Luigi Carrino

## I PROGETTISTI



**Amm.re Unico**  
Ing. Vincenzo Caputo

**Ing. Vincenzo Caputo**  
Ord. Ing. Caserta n° 3358

**Ing. Domenico Porfidia**  
Ord. Ing. Caserta n° 2652

**Ing. Mario Perri**  
Ord. Ing. Caserta n° 4326

IS.GEO.

**11**

## RELAZIONE GEOTECNICA OPERE DI RITENUTA

**CONTRATTO PER L'AMPLIAMENTO CIMITERO E GESTIONE DEL NUOVO  
E VECCHIO CIMITERO DEL COMUNE DI TERMINI IMERESE**

*(Contratto di concessione del 27 Settembre 2012 – Rep .n. 10829 – Racc. n. 31)*

**COMUNE DI TERMINI IMERESE**  
**Provincia di Palermo**

**MAGGIO  
2019**

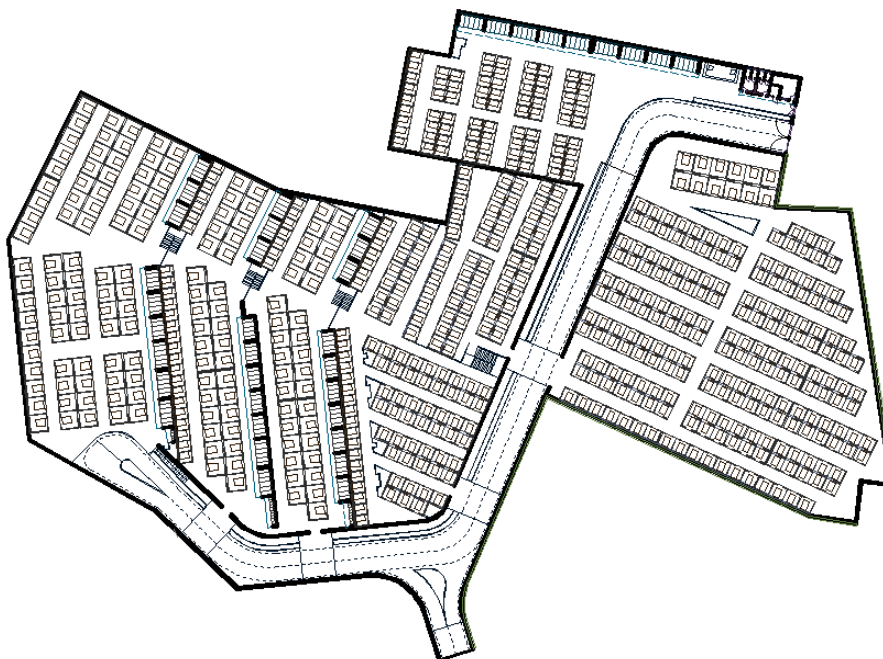


## RELAZIONE GEOTECNICA

### 1. INTRODUZIONE

La seguente relazione geotecnica è redatta con riferimento al punto C.6.2.2.5 della Circolare esplicativa del 24/07/2018 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018).

La relazione che segue *contiene i principali risultati ottenuti dalle indagini e prove geotecniche, descrive la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera, e riassume i risultati delle analisi svolte per la verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d'esercizio del sistema costruzione-terreno.* Entrando nel dettaglio:



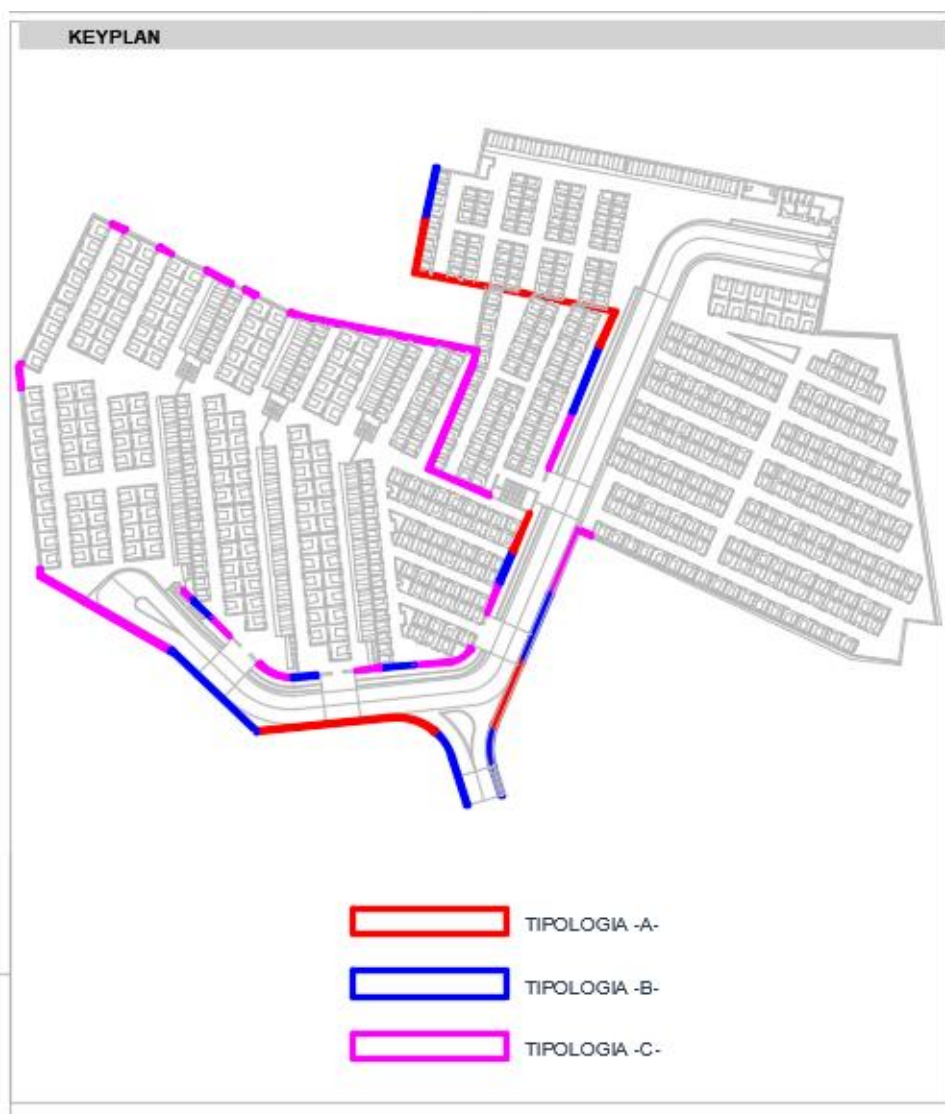
*Planimetria generale ampliamento cimiteriale*

### 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI

Il progetto architettonico prevede l'ampliamento del cimitero comunale di Termini Imerese (Pa); in particolare i manufatti in oggetto sono la tipologia a opere di ritenuta e sono suddivise in tre tipologie:



- per altezza di ritenuta tra 3,5m e 5,5m saranno realizzate palificate D=0,80m i=0,90m L=12,0m armate con 20 $\phi$ 16 e staffe elicoidali  $\phi$ 8/30; la trave di coronamento sar  80x80cm armata con 6+6 $\phi$ 16 con 2  $\phi$ 16 a torsione e staffe  $\phi$ 8/20;
- per altezza di ritenuta tra 2,5m e 3,5m saranno realizzate palificate D=0,60m i=0,70m L=9,0m armate con 12 $\phi$ 16 e staffe elicoidali  $\phi$ 8/30; la trave di coronamento sar  60x80cm armata con 5+5 $\phi$ 16 con 2  $\phi$ 16 a torsione e staffe  $\phi$ 8/20;
- per altezza di ritenuta tra 1,0m e 2,5m saranno realizzate palificate D=0,60m i=1,20m L=6,5m armate con 9 $\phi$ 16 e staffe elicoidali  $\phi$ 8/30; la trave di coronamento sar  60x80cm armata con 5+5 $\phi$ 16 e staffe  $\phi$ 8/20.





### **3. PROBLEMI GEOTECNICI E SCELTE TIPOLOGICHE**

**I terreni interessati sono depositi alluvionali terrazzati costituiti da alternanza di ghiaie e sabbie più o meno addensate con frequenti interdigitazioni di limi sabbiosi, conglomerati più o meno sabbiosi e cementati.**

*Lo studio geologico-tecnico illustrato nella presente relazione ha permesso di ottenere un'adeguata conoscenza dell'area in termini di assetto stratigrafico, litologico e geomorfologico, presenza di eventuali situazioni di pericolosità, nonché sismicità dell'area. Si riporta di seguito una sintesi dello studio eseguito, rimandando ai vari capitoli per un maggior approfondimento.*

*È stata presa visione delle caratteristiche dell'opera e del suo impatto con l'ambiente circostante. La campagna di rilevamento geologico ci ha permesso di cartografare le litologie presenti nell'area in studio.*

*Dalla consultazione della cartografia annessa al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, relativamente all'area oggetto di studio, si evince che non sussistono aree di pericolosità e rischio idrogeologico.*

*La campagna di indagine geofisica sismica e geoelettrica, ha permesso di confermare il modello geologico del sottosuolo e di valutare la risposta sismica locale, applicando l'approccio semplificato ai sensi delle NTC 08. Mediante l'indagine di tipo MASW è stato possibile valutare il parametro VS30 (variabile da 471 m/s a 567 m/s), permettendo di collocare i terreni interessati dalle fondazioni delle opere in progetto nella categoria di sottosuolo di tipo B: "rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)].*



*Tale scelta è stata, inoltre, suffragata dalle misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (microtemori), eseguite contestualmente, che, a parte alcuni disturbi causati dall'attività antropica, non hanno evidenziato picchi significativi del rapporto H/V.*

*Dal punto di vista geologico strutturale nell'area e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza significativa, non sono state intercettate strutture tettoniche riferibili a faglie attive o potenzialmente attive, che possano influire sulla stabilità dell'area in studio.*

*Inoltre sono state definite, in base alle pendenze locali, due categorie topografiche: tipo T1 e T2. Nell'area di progetto e nel suo intorno non sono state individuate fenomenologie di dissesto attivo o di agenti morfogenetici la cui azione possa determinare evoluzioni rapide dell'attuale situazione stabile.*

*È stato preso atto della stabilità delle opere in considerazione dell'assetto morfologico dei luoghi, delle buone caratteristiche meccaniche del sottosuolo e della invarianza dell'assetto idrogeologico locale.*

*Occorre tenere presente che l'area progettuale giace a quote differenti, con un dislivello massimo di circa 20 metri. Di conseguenza il nuovo impianto dovrà essere adattato alla morfologia del terreno, riducendo al massimo gli sbancamenti e i rilevati, che produrranno terrazzamenti i quali dovranno essere regolarmente progettati secondo la normativa.*

*In considerazione di quanto sopra esposto, la presenza dell'opera di cui in oggetto non rappresenta fonte d'instabilità o rischio dal punto di vista geologico, anche in considerazione di eventuali lievi incrementi di carico trasmessi al terreno di fondazione.*

**Da quanto fin qui illustrato, emerge che le opere in progetto risultano compatibili con le condizioni geologico-ambientali locali, pertanto non si riscontrano problematiche ostative, di carattere geologico-tecnico per la realizzazione delle stesse.**



### **CARICHI SULLA PARATIA**

A monte delle diverse tipologie di paratie sarà considerato, oltre la spinta del terreno ed all'incremento dovuto all'azione sismica, un carico distribuito di 1000 kg/mq.

#### **4. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE**

L'assetto dei luoghi è stato indagato mediante rilievo geologico-geomorfologico di dettaglio ed attraverso una campagna di indagini svolta di concerto con il progettista per pervenire ad una ricostruzione geologica di dettaglio, utile per la caratterizzazione e la modellazione geologico-tecnica del sottosuolo.

La campagna di indagini è consistita nell'esecuzione di:

- N. 4 prove geofisiche di sismica attiva di superficie di tipo MASW (M1, M2, M3, M4) per la misura della velocità media delle onde trasversali (S) lungo il profilo verticale dei suoli indagati, e per la determinazione del parametro VS30;
- N. 3 prove sismiche attive di rifrazione delle onde P (**R1, R2, R3**) per la valutazione della coltre superficiale alterata e per la determinazione dello stato di addensamento dei primi metri di sottosuolo (circa 12 metri);
- N. 3 misure di microtremore ambientale a stazione singola (**H/V1, H/V2, H/V3**) per individuare la frequenza di risonanza del sito;
- N. 2 indagini ERT (**E1 e E2**) per definire della resistività elettrica nel sottosuolo, al fine di meglio caratterizzare i terreni interessati dall'intervento progettuale.

#### **5. CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI E DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI**

La ricostruzione dell'assetto geometrico e la ricostruzione della successione litostratigrafica dei terreni presenti è stata realizzata mediante una campagna di rilevamento geologico, tramite l'analisi di sezioni naturali e fronti di scavo situati nelle vicinanze, nonché mediante l'analisi dei dati ottenuti



tramite le indagini geofisiche effettuate in situ e precedentemente illustrate. Si è fatto fede, inoltre, ad esperienze e conoscenze pregresse disponibili.

Nell'area di interesse progettuale sono stati rinvenuti depositi alluvionali terrazzati, costituiti da sabbie limose di colore arancio giallastro con inclusioni di piccole dimensioni di spessore fortemente variabile da un minimo di 2 m in corrispondenza di M4 ad un massimo di 9 m in corrispondenza di M2 e M3, compatto mediamente addensato essendo caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde sismiche primarie (VP) di 450-590 m/s e da una velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali (VS) di 310-360 m/s, al disotto di una coltre di alterazione (terreno vegetale e/o terreno di riporto) anch'essa di spessore variabile (0.5-2.8 m) poco compatto di medio-basso stato di addensamento (VS<250 m/s). In corrispondenza del sondaggio sismico M1 (aiuola alberata), si registra lo spessore massimo della coltre di alterazione pari a circa 2.8 metri, mentre diminuisce in corrispondenza dei sondaggi M3 ed M4 posti in pendio. In prossimità del sondaggio sismico M5 ed M2 invece, tale porzione risulta essere assente.

All'aumentare della profondità le condizioni di addensamento e conseguentemente le proprietà elasto-meccaniche dei depositi alluvionali terrazzati, migliorano notevolmente, si passa, infatti, da depositi prevalentemente sabbiosi mediamente addensati a depositi costituiti da ghiaia e ciottoli sub-arrotondati di varia natura (prevalentemente calcarea), con dimensioni medie comprese tra 1 e 30 cm, in matrice sabbio-limosa di colore giallastro, con tessitura grano sostenuta, che risultano molto compatti e fortemente addensati, essendo caratterizzati da valori di VS compresi tra 420 e 580 m/s e VP compresi tra 1073-1339 m/s. Tali depositi alluvionali, come confermato dalle risultanze geofisiche sismiche e geoelettriche, presentano, oltre ad una variabilità granulometrica e di compattazione verticale, una certa variabilità laterale.

Ai depositi alluvionali seguono in profondità, a quote variabili dal p.c. (vedi "sezioni geologico-tecniche" a pag. 69), litotipi caratterizzati da elevate velocità di propagazione delle onde sismiche:  $V_p > 1700$  m/s e  $V_s > 750$  m/s, velocità caratteristiche di litotipi compatti di consistenza

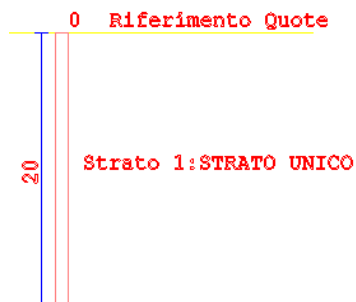


litoide, quali le calcilutiti marnose appartenenti alla formazione Polizzi, che in corrispondenza di M4 ed M5 risultano parzialmente alterate in superficie ( $630 \text{ m/s} < VS < 750 \text{ m/s}$ ).

Il modello geologico, appena descritto, viene esposto nelle “Sezioni geologico-tecniche” sotto riportate, le cui tracce di sezione sono riportate nella “carta geologica” (pag. 11) e nella “planimetria generale di progetto” (pag. 6).

Il substrato geologico, sede delle future opere di fondazione, gode di buone proprietà meccaniche esposte nella tabella seguente:

Terreno di fondazione (Depositi alluvionali terrazzati costituito da alternanza di ghiaie e sabbie più o meno addensate con frequenti interdigitazioni di limi sabbiosi, conglomerati più o meno sabbiosi e cementati). Valori medi.		
Parametro	Unità di misura	Valore
Coazione "c"	[KN/m <sup>2</sup> ]	10
Angolo di attrito "φ"	[°]	25
Peso dell'unità di volume "γ"	[KN/m <sup>3</sup> ]	19



Numerazione	
Strato N.:	1
-----	
Spessore (m)	20
Peso Sp.(kg/cm <sup>3</sup> )	1900
Ang.Attrito (φ)	25
Ang.Attrito(φ')	25
Coes.dr(kg/cm <sup>2</sup> )	0
Coes.nd(kg/cm <sup>2</sup> )	0
Mod.El.(kg/cm <sup>2</sup> )	100
Coeff. Poisson	0,3
Descrizione	STRATO UNICO
Coeff. di Lambe	0,3
Mod.edom kg/cm <sup>2</sup>	100
Grado sovracons	1

## 6. CALCOLO DELLE SPINTE

Il calcolo delle spinte viene convenzionalmente riferito ad un metro di profondità di paratia. Pertanto tutte le grandezze riportate in stampa, sia per i dati di input che per quelli di output, debbono di conseguenza attribuirsi ad un metro di profondità della paratia stessa.

Per rendere più completa la trattazione relativa alla determinazione delle spinte sarà opportuno distinguere i seguenti casi:

- Spinta delle terre:





a) con superficie del terreno rettilinea

b) con superficie del terreno spezzata

- Spinta del sovraccarico ripartito uniforme:

a) con superficie del terreno rettilinea

b) con superficie del terreno spezzata

## 7. SPINTA DELLE TERRE

Trattandosi di terreni stratificati, discretizzato il diaframma in un congruo numero di punti, si determina la spinta sulla parete come risultante delle pressioni orizzontali in ogni concio, calcolate come:

$$\sigma = \sigma \cdot K \cdot \cos \delta \cdot h \cdot v$$

dove:

$\sigma h$  = pressione orizzontale

$\sigma v$  = pressione verticale

$K$  = coefficiente di spinta dello strato di calcolo

$\delta$  = coefficiente di attrito terra–parete

La pressione verticale è data dal peso del terreno sovrastante:

- in termini di tensioni totali:

$$\sigma v = \tau \cdot z$$

$\tau$  = peso specifico del terreno

$z$  = generica quota di calcolo della pressione a partire dall'estradosso del terrapieno

- in termini di tensioni efficaci in assenza di filtrazione:

$$\sigma v = \tau' \cdot z$$

$\tau'$  = peso specifico efficace del terreno

## 8. SPINTA DEL SOVRACCARICO RIPARTITO UNIFORME

a) Con superficie del terreno rettilinea

In questo caso, intendendo per  $Q$  il sovraccarico per metro lineare di proiezione orizzontale:

$$\sigma v = Q$$

b) Con superficie del terreno spezzata

Una volta determinata la superficie di scorrimento del cuneo di massima spinta ( $ro$ ), quindi il diagramma di carico che grava sul cuneo di spinta, si scompone tale diagramma in due strisce; la prima agente sul tratto di terreno inclinato, la seconda sul rimanente tratto orizzontale.



Ognuna delle strisce di carico genererà un diagramma di pressioni sul muro i cui valori saranno determinati secondo la formulazione di Terzaghi che esprime la pressione alla generica profondità  $z$  come:

$$\sigma_h = \frac{2 \cdot Q \cdot W}{\pi} \cdot (\Theta - \sin\Theta \cdot \cos 2\tau)$$

dove:

$$W = \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

### **9. EQUILIBRIO DELLA PARATIA E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI**

Il diaframma è una struttura deformabile, per cui in funzione degli spostamenti che assume è in grado di mobilitare pressioni dal terreno circostante. Nella trattazione classica per determinare le spinte sul tratto infisso della paratie si ipotizza che il terreno circostante sia in condizioni di equilibrio limite, per cui ipotizzata una deformata si possono determinare le zone attive e passive del terreno e le relative pressioni.

Questo modo di procedere fornisce buoni risultati nei problemi di progetto e nel caso si vogliano determinare dei valori globali di sicurezza mentre non permette di valutare con buona approssimazione i diagrammi delle sollecitazioni. Inoltre un grande limite è rappresentato dal fatto che i metodi classici non permettono di tenere in conto la presenza di più di un tirante.

Un modo più moderno di affrontare il problema dell'equilibrio delle paratie è quello di utilizzare delle tecniche di soluzione più generali quali quello degli elementi finiti. L'algoritmo di soluzione utilizzato nel programma si può riassumere nei seguenti passi principali:

- 1 - discretizzazione della paratia con elementi trave elastici;
- 2 - modellazione dei tiranti con molle elastiche che reagiscono solo nel caso la paratia si allontani dal terreno (tiranti o sbadacchi);
- 3 - modellazione del terreno in cui è infissa la paratia con molle non lineari con legame costitutivo di tipo bilatero;



---

4 - algoritmo di soluzione per sistemi di equazioni non lineari che utilizza la tecnica della matrice di rigidità secante;

5 - calcolo degli spostamenti della paratia, in particolare gli spostamenti dei tiranti e del fondo scavo che danno preziose informazioni sulla deformabilità del sistema terreno- paratia;

6 - calcolo delle sollecitazioni degli elementi trave (taglio, momento);

7 - calcolo delle pressioni sul terreno dove è infissa la paratia.

*Capodrise, Maggio 2019*

**Gruppo di progettazione**

*Ing. Vincenzo Caputo*

*Ing. Domenico Porfidia*

*Ing. Mario Perri*