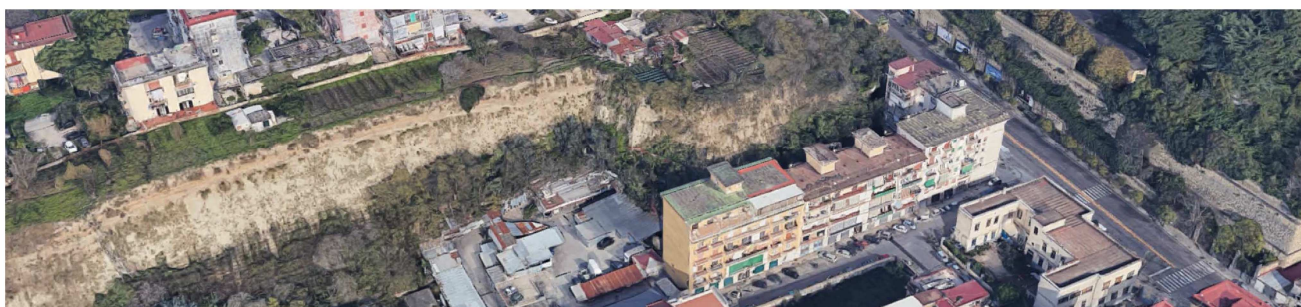




# COMUNE DI NAPOLI

Area Tutela del Territorio  
Servizio Difesa Idrogeologica del Territorio

## **INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18**



## PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE:

**Ing. Vincenzo DI MAIO**

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

**Ing. Stefano NAPOLITANO**

IL DIRIGENTE:

**Arch. Salvatore IERVOLINO**

COLLABORATORI:

**Dott. Geol. Giuseppe RAIÀ**

**Ing. Antonio PONTICELLI**

IL COMMISSARIO AD ACTA:

**Dott. Antonio MALAFRONTÉ**

Elaborato:

### **RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI**

Codice:

**REL-03**

|   |                        |  |           |            |        |              |
|---|------------------------|--|-----------|------------|--------|--------------|
| B |                        |  | REVISIONE | FOGLIO     | SCALA: | DATA:        |
| A | Emissione per consegna |  | A         | - - DI - - | -----  | Ottobre 2019 |



## **SOMMARIO**

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 1    | PREMESSA .....  | 2   |
| 2    | INTERVENTI DI PROGETTO .....  | 3   |
| 3    | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....  | 4   |
| 4    | MODELLO GEOTECNICO.....   | 5   |
| 5    | SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE.....   | 8   |
| 6    | VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA .....   | 9   |
| 7    | VITA NOMINALE DELLA STRUTTURA .....   | 10  |
| 8    | CLASSE D'USO DELLA STRUTTURA.....   | 10  |
| 9    | PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....                            | 11  |
| 10   | CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....                      | 11  |
| 11   | CLASSE DI DUTTILITA' DELLA STRUTTURA .....                                  | 11  |
| 12   | MATERIALI UTILIZZATI PER LE STRUTTURE.....                                  | 12  |
| 13   | MODELLAZIONE DEL MURO AL PIEDE DEL VERSANTE (OPERA 1) .....                 | 14  |
| 14   | MODELLO GEOMETRICO (OPERA 1) .....  | 14  |
| 15   | MODELLO MECCANICO (OPERA 1) .....   | 15  |
| 16   | MODELLO DELLE AZIONI (OPERA 1).....   | 17  |
| 16.1 | AZIONI PERMANENTI (G) .....   | 17  |
| 16.2 | AZIONI VARIABILI (Q <sub>k</sub> ) .....                                    | 18  |
| 16.3 | AZIONI SISMICHE E METODO PSEUDOSTATICO (E) .....                            | 19  |
| 16.4 | CALCOLO DELLA SPINTA IN PRESENZA DI SISMA.....                              | 25  |
| 17   | CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE (OPERA 1) .....                      | 26  |
| 18   | SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO (OPERA 1) .....                                | 27  |
| 19   | MODALITÀ DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO DEL TERRENO (OP1) ..... | 27  |
| 20   | VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI (OPERA 1) .....                | 29  |
| 20.1 | VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI.....                      | 29  |
| 20.2 | VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....               | 35  |
| 20.3 | RIEPILOGO COEFFICIENTI ADOTTATI .....                                       | 37  |
| 21   | ANALISI DEL MURO SU PALI (OPERA 1) .....                                    | 39  |
| 22   | ANALISI E VERIFICHE DEL RAFFORZAMENTO CORTICALE (OPERA 2).....              | 95  |
| 22.1 | RISULTATI DELLE ANALISI .....   | 101 |
| 23   | ANALISI E VERIFICHE ANCORAGGI RAFFORZAMENTO CORTICALE (OPERA 2) .....       | 103 |
| 23.1 | DATI DI INPUT .....   | 103 |
| 23.2 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....  | 103 |
| 23.3 | COMBINAZIONI DI CARICO .....  | 104 |
| 23.4 | VERIFICA CHIODATURE .....   | 104 |
| 24   | CONCLUSIONI .....   | 106 |



## **1 PREMESSA**

Nella presente **“RELAZIONE DI CALCOLO, GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI”** si riportano, in primo luogo, i concetti salienti per pervenire alla modellazione geotecnica dei terreni del versante, in secondo luogo, l'analisi strutturale del muro al piede del versante ed infine l'analisi strutturale del rafforzamento corticale della coltre superficiale del costone pozzolanico.

Il tutto ricade negli **“INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE UBICATO A MONTE DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18”**.

Gli interventi di messa in sicurezza si rendono necessari in quanto nell'ultimo decennio si sono verificati una serie di distacchi della coltre superficiale del costone creando cumuli di terreno al piede del versante stesso che nel corso del tempo hanno invaso anche le proprietà private.

Infatti, a seguito di nota del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Napoli, prot. n. 2923 del 1° luglio 2009, fu rilevato uno smottamento di terreno proveniente da un costone pozzolanico, che invase le aree scoperte di pertinenza del fabbricato con accesso da via Francesco Feo n.18.

A seguito di tale nota, con provvedimento prot. n. 811 del 7 luglio 2009, emesso dall'allora Servizio Sicurezza Geologica e Sottosuolo, furono diffidati gli aventi titolo sulle suddette aree a non praticare e non far praticare le zone sottostanti al costone dissestato.

Con ordinanza del Tribunale di Napoli – Sez. Civile VIII, n. 15349 del 3 dicembre 2012, è stata ordinata al Comune di Napoli l'esecuzione delle opere di messa in sicurezza del costone pozzolanico, così come indicato dal CTU incaricato dal medesimo Tribunale.

Con successiva ordinanza del Tribunale di Napoli – Sez. Civile X, n. 26739 del 17 dicembre 2015, è stato reiterato l'ordine di intervenire sul costone secondo le indicazioni del CTU incaricato, ing. Ferdinando Pierro.

Infine con sentenza del Tribunale di Napoli – Sez. Civile X, n. 8650 del 28 luglio 2017, il Comune di Napoli è stato condannato con ulteriori prescrizioni in merito alla messa in sicurezza del costone, così come proposte dal CTU nominato dal Tribunale, ing. Ferdinando Pierro.

Allo stato attuale esiste uno studio di fattibilità redatto dal Comune di Napoli nel quale si individuano macroscopicamente gli interventi da realizzare.

Pertanto oggetto del presente Progetto Esecutivo è la definizione dettagliata ed esecutiva di tutti gli interventi di messa in sicurezza del costone pozzolanico ubicato a monte dello stabile in via Francesco Feo n.18.



## **2 INTERVENTI DI PROGETTO**

Gli interventi di progetto necessari alla messa in sicurezza del costone pozzolanico prevedono, in primo luogo, il rafforzamento corticale del versante ed in secondo luogo prevedono la realizzazione di un muro al piede del versante stesso.

Pertanto precisamente si procederà con le lavorazioni individuate nel seguente elenco riassuntivo.

### **FASE OPERATIVA N°1**

- a) Pulizia del versante con il taglio della vegetazione esistente e salvaguardandone solo l'apparato radicale;
- b) Sagomatura della sommità del versante (come da particolare costruttivo) con la posa in opera dell'ancoraggio di sommità applicato all'interno di una cunetta artificiale successivamente riempita a terreno;
- c) Posa del rafforzamento corticale fino al raggiungimento del cumulo posto al piede del versante.

### **FASE OPERATIVA N°2**

- a) Rimozione parziale del cumulo di terreno al piede del versante effettuata mediante uno scavo di prima fase realizzato solo ed esclusivamente con mezzi meccanici manuali. Fino alla formazione di una berma orizzontale che abbia una larghezza pari ad almeno 1.50 m.

### **FASE OPERATIVA N°3**

- a) Rimozione totale del cumulo al piede mediante uno scavo di seconda fase realizzato con mezzi meccanici compatibili con gli spazi in situ.

### **FASE OPERATIVA N°4**

- a) Completamento della posa del rafforzamento corticale sulla parte rimanente del versante nel rispetto di tutti i particolari costruttivi riportati nella tavola EG.10.

### **FASE OPERATIVA N°5 – Realizzazione del muro al piede del costone**

- a) Realizzazione dei pali di fondazione del muro a valle del costone con diametro Ø400 e lunghezza fusto palo pari a 4.50 m; i pali saranno posti ad un interasse pari a 2.00 m;
- b) Realizzazione del cordolo testa palo in cemento armato con sezione trasversale rettangolare di dimensioni 50 cm x 60 cm;
- c) Realizzazione del muro al piede del costone di altezza 90 cm e spessore 25 cm.

Per maggiori dettagli sulla tipologia degli interventi e sulla fasizzazione degli stessi si rimanda agli elaborati grafici che sono parte integrante della presente relazione.



### **3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il progetto esecutivo del muro al piede del versante, di cui alla premessa, è stato redatto nel rispetto delle seguenti normative.

**DECRETO MINISTERIALE LL. PP. 17 gennaio 2018:**

Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” su Supplemento Ordinario n°42 della Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018.

**CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.:**

Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Per il rafforzamento corticale, invece, si fa riferimento alla seguente normativa di riferimento.

Per il dimensionamento degli elementi resistenti si fa riferimento alla seguente normativa:

**DECRETO MINISTERIALE LL. PP. 17 gennaio 2018:**

Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” su Supplemento Ordinario n°42 della Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018.

Si sono inoltre seguite le indicazioni fornite da testi specializzati quali:

**A.I.C.A.P. - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce: raccomandazioni**

Il calcolo e la verifica degli elementi costruttivi sono stati condotti secondo gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni.

Tenuto conto delle caratteristiche prestazionali delle strutture delle barriere paramassi, le verifiche sono eseguite allo stato limite ultimo.



## **4 MODELLO GEOTECNICO**

Per addivenire ad una modellazione geotecnica del sottosuolo veritiera ed affidabile sono state predisposte le seguenti indagini in situ:

- N°1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30.0 metri;
- N°4 SPT Standard Penetration Test;
- N°1 prova penetrometrica dinamica;
- N°1 campione indisturbato su cui sono state effettuate prove di laboratorio;
- N°1 sismica Down Hole.

Dall'interpretazione delle predette indagini si è definita la seguente successione stratigrafica:

- a) Materiale di riporto eterogeneo di colore grigio chiaro a granulometria sabbiosa con inclusi di brandelli di varia natura di origine antropica. Spessore 1.20 metri.
- b) Materiale di natura piroclastica di colore marrone grigiastro a granulometria sabbioso limosa con pomici di dimensioni fino a 1 cm alterate e con basso grado di addensamento. Spessore 1.80 metri.
- c) Piroclastite di colore grigio verdastro a granulometria sabbiosa limosa con presenza diffusa di pomici di dimensioni fino a 2 cm. Stato di aggregazione medio, spessore 20,50 metri.
- d) Piroclastiti di colore grigio scuro a granulometria sabbioso limoso ricco di pomici e scorie di dimensioni eterometriche variabili da 1 a 2-3 centimetri e frammenti lavici di dimensioni fino a 5-6 centimetri. Stato di aggregazione alto e con spessore rilevato pari a 6.50 metri.

Per la costruzione del modello geotecnico del sottosuolo sono stati utilizzati i dati delle prove penetrometriche S.P.T., della prova penetrometrica dinamica, delle prove di laboratorio, nonché le informazioni stratigrafiche ricavate dal sondaggio. I parametri geotecnici sono ricavati attraverso note correlazioni empiriche riportate nella relazione geologica allegata al presente progetto esecutivo.

I terreni offrono in generale una buona resistenza meccanica evidenziata dai risultati di tutte le prove eseguite in sito. Se si escludono i primi metri le prove SPT e Dpsh registrano un numero di colpi mediamente alto, superiore sempre ai 20 colpi. Questo si interpreta, visionando la relazione geologica allegata, in un angolo di attrito mediamente superiore ai 30°.

Lo strato più rilevante del costone misura circa 21 metri ed è quello più rappresentativo del versante in oggetto. I terreni che lo identificano sono sabbie a granulometria sabbiosa limosa con caratteristiche fisico volumetriche e geomeccaniche molto particolari. Il peso di volume naturale

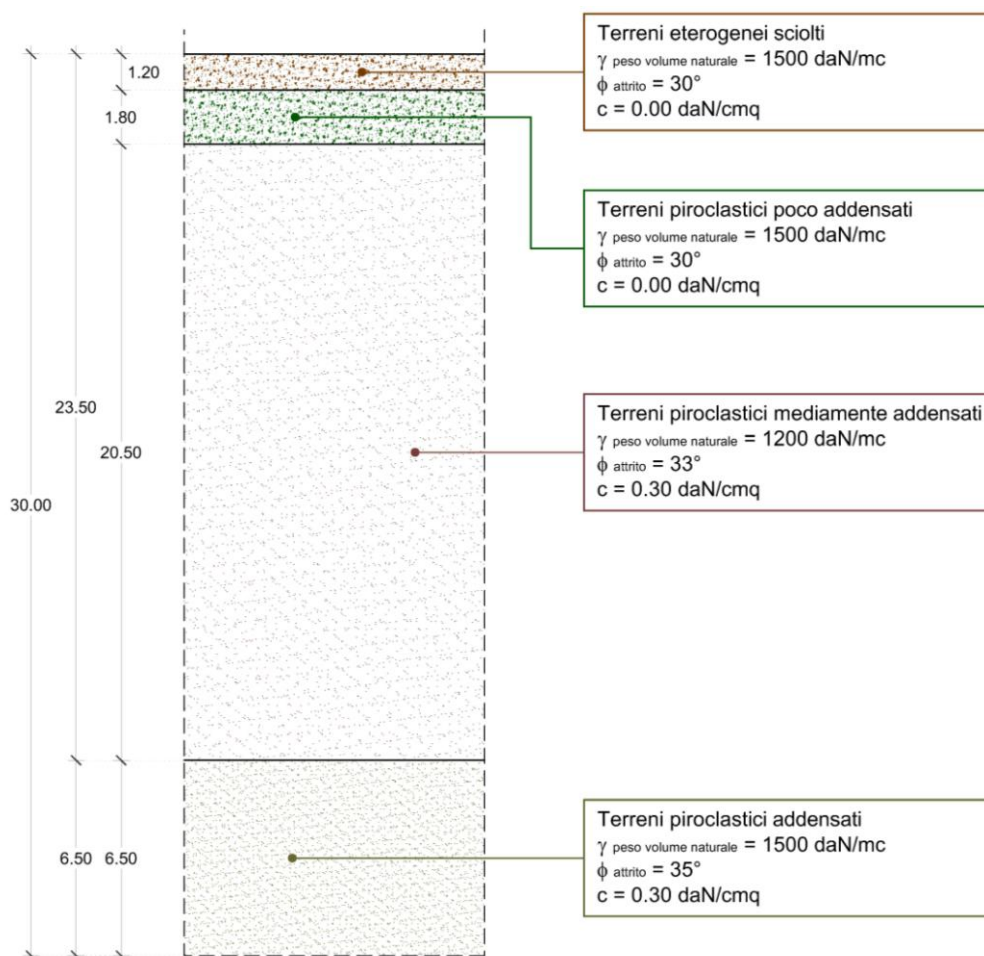


**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

ottenuto dalle prove di laboratorio risulta piuttosto basso, poco superiore a 1000 daN/mc se rapportato a quelli dedotti dalle SPT e dalla DPSH1 nel caso che i terreni siano considerati non coesivi. Analizzando, invece, le altre caratteristiche granulometriche del campione ci accorgiamo che i terreni che lo compongono hanno una porosità ed un indice dei vuoti molto alto. Terreni con queste caratteristiche fisiche sono assimilabili alle pozzolane, infatti il loro peso volume è di poco superiore a 1000 daN/mc ed hanno una coesione non trascurabile. Questa analisi geomeccanica garantisce la stabilità di un fronte di scavo (anche sub verticale) anche con altezza rilevanti.

In definitiva il terzo strato si comporta come un terreno coesivo con coesione tipica dei terreni pozzolanici. I valori di coesione tipici dell'area napoletana sono compresi nell'intervallo 0,2 – 0,4 daN/cm<sup>2</sup>.

Alla luce di quanto sopra descritto a seguire si riporta la stratigrafia geologica di cui alla pagina precedente con l'aggiunta dei parametri geotecnici determinati mediante la visione e l'interpretazione delle prove in sito effettuate.





---

**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Pertanto, visti i risultati desunti dalla lettura della Relazione Geologica (allegata al presente progetto esecutivo) e visto quanto descritto in precedenza, si individua la stratificazione del sottosuolo e la modellazione geotecnica di ciascuno strato intercettato.

**UNITA' A – Terreni eterogenei sciolti da 0,00 m a 1,20 m**

- Altezza dello strato:  $H = 1,20 \text{ m}$
- Peso unità di volume:  $\gamma = 1500,00 \text{ daN/mc}$
- Angolo di attrito:  $\phi = 30^\circ$
- Coesione:  $c = 0,00 \text{ daN/cm}^2$

**UNITA' B – Terreni Piroclastici poco addensati da 1,20 m a 3,00 m.**

- Altezza dello strato:  $H = 1,80 \text{ m}$
- Peso unità di volume:  $\gamma = 1500,00 \text{ daN/mc}$
- Angolo di attrito:  $\phi = 30^\circ$
- Coesione:  $c = 0,00 \text{ daN/cm}^2$

**UNITA' C – Terreni Piroclastici mediamente addensati da 3,00 m a 23,50 m.**

- Altezza dello strato:  $H = 20,50 \text{ m}$
- Peso unità di volume:  $\gamma = 1200,00 \text{ daN/mc}$
- Angolo di attrito:  $\phi = 33^\circ$
- Coesione:  $c = 0,30 \text{ daN/cm}^2$

**UNITA' D – Terreni Piroclastici addensati da 23,50 m a 30,00 m.**

- Altezza dello strato:  $H = 6,50 \text{ m}$
- Peso unità di volume:  $\gamma = 1500,00 \text{ daN/mc}$
- Angolo di attrito:  $\phi = 35^\circ$
- Coesione:  $c = 0,30 \text{ daN/cm}^2$

Infine dalla lettura della relazione geologica emerge che il corpo idrico profondo è situato ad una profondità maggiore di 75.0 metri. Pertanto non esiste alcuna falda che possa interferire con la stabilità del versante in oggetto.



## **5 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE**

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme. La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

**Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU):** capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera. I principali Stati Limite Ultimi sono riportati nel seguente elenco riassuntivo:

- a) perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
- b) spostamenti o deformazioni eccessive;
- c) raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- d) raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- e) raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- f) rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- g) instabilità di parti della struttura o del suo insieme;

Nei confronti delle azioni sismiche esistono lo *STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)* e lo *STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO (SLC)* di cui si dirà in seguito.

**Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE):** capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio. I principali stati limite di esercizio sono quelli elencati in seguito:

- a) danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- b) spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- c) spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- d) vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- f) corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione;

Anche in questo caso nei confronti delle azioni sismiche esistono due diversi stati limite e precisamente lo *STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO)* e lo *STATO LIMITE DI DANNO (SLD)* di cui si dirà in seguito.



## **6 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA**

Le opere strutturali devono essere verificate per gli **STATI LIMITE ULTIMI** che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni e per gli **STATI LIMITE DI ESERCIZIO** definiti in relazione alle prestazioni attese.

Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati. La normativa italiana prende in considerazione i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza, applicabili nella generalità dei casi; tale metodo è detto di primo livello. Per opere di particolare importanza, invece, si possono adottare metodi di livello superiore, tratti da documentazione tecnica di comprovata validità. Nella fattispecie si utilizza il metodo **semiprobabilistico agli stati limite**.

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, che è quello utilizzato per la risoluzione della struttura in oggetto, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici,  $R_{ki}$  e  $F_{kj}$  definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani).

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **STATI LIMITE ULTIMI** di resistenza si effettua con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale riportata di seguito.

$$R_d \geq E_d$$

dove i due parametri della relazione precedente assumono il seguente significato.

$R_d$  è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto  $F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$  delle azioni come indicato nel paragrafo in cui si riportano le combinazioni delle azioni, o direttamente

$$E_{dj} = E_{kj} \cdot \gamma_{Ej}.$$

I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj}$ , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **STATI LIMITE DI ESERCIZIO** si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.



## 7 VITA NOMINALE DELLA STRUTTURA

La vita nominale di progetto  $V_N$  di un'opera strutturale è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. La vita nominale della struttura in oggetto (*opera di sostegno ordinaria*) potendosi definire un' **opera con livelli di prestazione ordinari** è = **50 anni**.

## 8 CLASSE D'USO DELLA STRUTTURA

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

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

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

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

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

Nella fattispecie la struttura oggetto dell'analisi e della progettazione (*l'opera in oggetto può definirsi opera di sostegno posto a valle di un versante con edifici per civile abitazione*) è associata sicuramente alla **Classe II**.



## 9 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche, su ciascuna costruzione, vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $N_V$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ . Pertanto si ha:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per le opere da verificare e calcolare la vita nominale  $V_N$  **si pone pari a 50 anni** mentre il coefficiente d'uso per la **classe II** è pari ad **1,00**. Pertanto il periodo di riferimento da utilizzare nelle verifiche si calcola nel modo seguente.

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,00 = 50 \text{ anni}$$

## 10 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Le categorie di sottosuolo contemplate dalla normativa sono cinque e precisamente:

| Categoria A | Categoria B | Categoria C | Categoria D | Categoria E |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|

Nella fattispecie, considerando quanto desunto dalla relazione geologica, il sottosuolo può definirsi di **categoria C** la cui descrizione è quella riportata di seguito:

*“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Inoltre bisogna definire le condizioni topografiche del sito che nella fattispecie risulta essere di **categoria T2** che precisamente corrisponde a quella dei pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ .

## 11 CLASSE DI DUTTILITA' DELLA STRUTTURA

Per ogni struttura di progetto bisogna definire la classe di duttilità della stessa. Nella fattispecie il muro a valle del versante può essere considerato **opera di sostegno a paratia** e pertanto si considera un comportamento **NON DISSIPATIVO**.

Per quanto concerne il rafforzamento corticale del versante anch'esso sicuramente sarà calcolato e verificato considerando un comportamento **NON DISSIPATIVO**.



## 12 MATERIALI UTILIZZATI PER LE STRUTTURE

Il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione interna e le verifiche di resistenza delle strutture sono state eseguite con i metodi della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni utilizzando come criterio di resistenza quello degli stati limite ultimi. Di seguito, per i materiali utilizzati, si riportano i valori delle caratteristiche meccaniche fissati dalla normativa vigente.

### Acciaio in barre ad aderenza migliorata, controllato in stabilimento, B 450 C (FeB 44k):

- Modulo Elastico:  $E = 210.000,00 \text{ MPa}$
- Tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} = 540,00 \text{ MPa}$
- Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 450,00 \text{ MPa}$
- Rapporto medio tra tensione di rottura e tensione di snervamento:  
 $(f_t/f_y)_{\text{medio}} > 1,13$
- Rapporto tra il singolo valore della tensione di snervamento e tensione caratteristica di snervamento:  
 $(f_y/f_{yk}) < 1,35$
- Coefficiente di sicurezza del materiale:  $\gamma_s = 1,15$
- Con riferimento alle Norme Tecniche, per l'acciaio B 450 C (Fe B 44k) si definisce una resistenza di calcolo  $f_{sd}$  determinata dalla seguente relazione:  
$$f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450,00}{1,15} = 391,00 \text{ MPa}$$

### Calcestruzzo per il muro al piede C 25/30 ( $R_{bk} = 300,00 \text{ daN/cm}^2$ ):

- Resistenza cubica caratteristica per compressione:  $R_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$
- Resistenza cilindrica caratteristica per compressione:  $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,90 \text{ MPa}$
- Resistenza media a trazione:  $f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{(f_{ck})^2} = 2,56 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica a trazione:  $f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 1,79 \text{ MPa}$
- Coefficiente di sicurezza del materiale:  $\gamma_c = 1,50$
- Resistenza di progetto a compressione:  $f_{cd} = \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 14,11 \text{ MPa}$
- Resistenza di progetto a trazione:  $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1,19 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica a trazione per flessione:  $f_{cfk} = \frac{f_{ctm}}{1,20} = 2,13 \text{ MPa}$
- Modulo di elasticità normale:  $E = 22.000 \cdot [(f_{ck} + 8)/10]^{0,3} = 31.447 \text{ MPa}$



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

I materiali utilizzati per il **rafforzamento corticale** sono quelli elencati di seguito.

**Acciaio in barre ad aderenza migliorata, controllato in stabilimento, B 450 C**

|  |                                   |           |                       |                          |
|--|-----------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------------|
| Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio     | $f_{tks}$                         | =         | 5400                  | daN/cm <sup>2</sup>      |
| Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio | $f_{yks}$                         | =         | 4385                  | daN/cm <sup>2</sup>      |
| coefficiente di sicurezza                          | $\gamma_s$                        | =         | 1,15                  |                          |
| resistenza di calcolo dell'acciaio                 | $= f_{yk} / \gamma_s =$           | $f_{yds}$ | =                     | 3813 daN/cm <sup>2</sup> |
| resistenza di calcolo di taglio acciaio            | $= f_{yks} / \sqrt{3} \gamma_M =$ | $f_{vds}$ | =                     | 2201 daN/cm <sup>2</sup> |
| modulo elastico dell'acciaio                       | $E$                               | =         | 2,06 E <sup>+06</sup> | daN/cm <sup>2</sup>      |

**Miscela di cemento antiritiro per iniezioni con resistenza a compressione a 28 gg > 40 MPa**

Metodo iniezione IGU

|   |               |   |       |  |
|---|---------------|---|-------|--|
| Resistenza cubica a compressione caratteristica       | $R_{ck}$      | = | 400,0 | daN/cm <sup>2</sup>                        |
| Resistenza monoassiale per carichi di breve durata    | $f_{ck}$      | = | 332,0 | daN/cm <sup>2</sup> = 0,83xR <sub>ck</sub> |
| Coefficiente di sicurezza                             | $\gamma_m$    | = | 1,50  |  |
| Coefficiente di sicurezza per carico per lunga durata | $\alpha_{cc}$ | = | 0,85  |  |
| Resistenza di calcolo a compressione                  | $f_{cd}$      | = | 188,1 | daN/cm <sup>2</sup>                        |
| Resistenza caratteristica di aderenza                 | $f_{bk}$      | = | 48,8  | daN/cm <sup>2</sup>                        |
| Resistenza di calcolo di aderenza                     | $f_{bd}$      | = | 32,5  | daN/cm <sup>2</sup>                        |

**Rivestimento superficiale**

Il rivestimento superficiale consiste in un geocomposito costituito da rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale tessuta con funi metalliche di rinforzo e da una geostuoia tridimensionale polimerica compenetrata e rese solidali durante il processo di produzione. La geostuoia sarà costituita da filamenti di polipropilene stabilizzati per resistere ai raggi UV e termosaldati tra loro nei punti di contatto, e avrà un indice dei vuoti superiore al 90%.

La rete metallica a doppia torsione avrà maglia esagonale tipo 8x10 e sarà tessuta con trafilato di acciaio avente un diametro pari a 2.70, conforme a UNI EN 10223-3 e a UNI EN 10218-2, galvanizzato con Galmac (lega eutettica di Zinco – 5% Alluminio) in conformità a UNI EN 10244-2 Classe A in conformità a UNI EN 10245-2. La rete metallica, in rotoli di larghezza pari a 2.0 m, è tessuta con l'inserimento, direttamente in produzione, di funi di acciaio con anima metallica con grado non inferiore a 1770 N/mm<sup>2</sup> (UNI EN 12385-2) aventi un diametro pari a 8 mm (UNI EN 12385-4), galvanizzate con Galmac (lega eutettica di Zinco – 5% Alluminio) in conformità a UNI EN 10244-2 Classe A. La protezione anticorrosiva della rete sarà tale da non presentare tracce di ruggine rossa su una superficie maggiore del 5%, a seguito di un test di invecchiamento accelerato in nebbia salina (test in accordo a UNI EN ISO 9227) per un tempo di esposizione minimo di 1000 ore. Le funi sono inserite longitudinalmente lungo i bordi del telo di rete con una spaziatura nominale.

Il geocomposito metallico avrà una resistenza a trazione longitudinale non inferiore a 75 kN/m. La rete sarà caratterizzata da una resistenza a punzonamento non inferiore a 80 kN, quando testata in accordo a UNI 11437.

Al fine di ridurre ulteriormente le deformazioni del rivestimento così costituito e dunque rendere più efficace l'azione di contenimento da parte della rete, saranno installate anche delle funi in acciaio con un diametro minimo pari a 12 mm; in particolare queste funi saranno posate successivamente alla stessa del rivestimento e saranno vincolate al di sotto delle piastre di ripartizione a formare un reticolo a maglia romboidale.

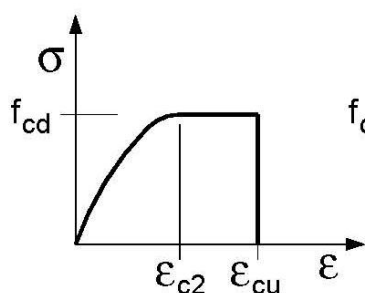
## Pagina 14



## 15 MODELLO MECCANICO (OPERA 1)

Nel modello meccanico si vogliono definire i legami costitutivi dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera le cui caratteristiche sono già state introdotte precedentemente.

Per il **calcestruzzo C25/30** utilizzato il legame costitutivo tensione – deformazione viene schematizzato mediante il modello parabola – rettangolo riportato di seguito.



Il calcestruzzo che si utilizza per la struttura oggetto dell'analisi, come già detto, ha una classe di resistenza certamente inferiore a **C50/60** pertanto in virtù di ciò, per quanto riguarda le deformazioni introdotte nella precedente figura, si hanno i valori riportati di seguito.

$$\varepsilon_{c2} = 0,20\%$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,35\%$$

Come già visto nei paragrafi precedenti l'ordinata massima del diagramma riportato precedentemente è pari a  $0,85 f_{cd}$  considerando nella fattispecie  $f_{cd} = 14,11 \text{ MPa}$ .

Inoltre le caratteristiche meccaniche più significative del calcestruzzo utilizzato per la realizzazione della struttura sono quelle riportate di seguito.

Classe  $R_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Peso specifico:  $\gamma_{cls} = 2500,00 \frac{\text{daN}}{\text{mc}}$

Resistenza media a trazione:  $f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{(f_{ck})^2} = 2,56 \text{ MPa}$

Modulo di elasticità normale:  $E = 22.000 \cdot [(f_{ck} + 8)/10]^{0,3} = 31447 \text{ MPa}$

Coefficiente di Poisson: Può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra "0" (calcestruzzo fessurato) ed "0,2" (calcestruzzo non fessurato). Nella fattispecie si adotta il valore 0,20.

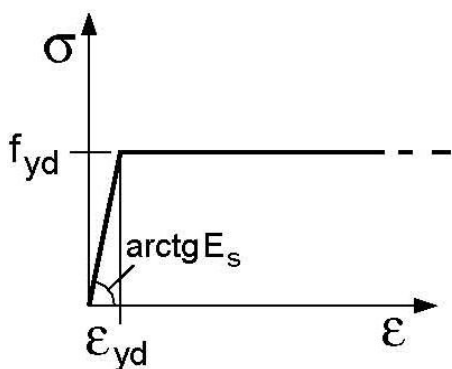
Coefficiente di dilatazione termica:  $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Coefficiente di sicurezza materiale:  $\gamma_c = 1,50$



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Per l'acciaio in barre **B450C** il legame costitutivo tensione – deformazione viene schematizzato mediante il modello elastico perfettamente plastico riportato di seguito.



Considerando il predetto modello si hanno i valori notevoli riportati di seguito.

$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 7,50\%$       valore della deformazione ultima;

$\varepsilon_{ud} = 0,9 \cdot \varepsilon_{uk} = 6,75\%$       valore della deformazione ultima di calcolo;

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,00 \text{MPa}$       valore massimo dell'ordinata.

Inoltre le caratteristiche meccaniche più significative dell'acciaio in barre utilizzato per la realizzazione della struttura sono quelle riportate di seguito.

Peso specifico:  $\gamma_{acciaio} = 7850,00 \frac{\text{daN}}{\text{mc}}$

Coefficiente di dilatazione termica:  $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Modulo di elasticità normale:  $E = 206.000 \text{MPa}$

Rapporto  $\left( \frac{f_t}{f_y} \right)_k$ :  $1,15 \leq \left( \frac{f_t}{f_y} \right)_k < 1,35$

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0,30$

Coefficiente di sicurezza del materiale:  $\gamma_s = 1,15$

Resistenza a compressione/trazione:  $f_{sd} = 391,00 \text{MPa}$

Resistenza a taglio:  $f_{svd} = 225,90 \text{Pa}$



## **16 MODELLO DELLE AZIONI (OPERA 1)**

Nel modello delle azioni si calcolano e si definiscono tutte le azioni che nel corso della vita utile possono sollecitare la struttura. Le azioni secondo normativa che sollecitano la struttura in oggetto possono riassumersi nelle seguenti categorie:

- G Azioni permanenti;
- Q Azioni variabili,
- E Azioni sismiche.

Nei paragrafi successivi si valuteranno numericamente tutte le azioni introdotte nel presente paragrafo.

### **16.1 AZIONI PERMANENTI (G)**

Le azioni permanenti (G) sono quelle azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare, con sufficiente approssimazione, costanti nel tempo.

#### **Peso proprio degli elementi strutturali (G 1,1)**

Il peso proprio dell'intera struttura va calcolato tenendo conto delle sezioni di ciascun elemento strutturale. La valutazione del peso proprio va effettuata considerando come peso specifico dei materiali i seguenti valori:

Peso specifico del calcestruzzo armato:  $\gamma_{\text{CALCESTRUZZO}} = 2500,00 \frac{\text{daN}}{\text{mc}}$

#### **Forze indotte dal terreno (G 1,2)**

La valutazione delle spinte esercitate dal terreno spingente viene effettuata mediante il coefficiente di spinta attiva tenendo conto dell'attrito terra – muro. Per la valutazione del peso proprio della terra si utilizza il seguente peso dell'unità di volume.

$\gamma_{\text{TERRENO}} = 1500,00 \text{ daN/mc}$  per il primo strato a monte dalla paratia;

$\gamma_{\text{TERRENO}} = 1500,00 \text{ daN/mc}$  per il secondo strato a monte dalla paratia;

$\gamma_{\text{TERRENO}} = 1200,00 \text{ daN/mc}$  per il terzo strato a monte dalla paratia;

$\gamma_{\text{TERRENO}} = 1500,00 \text{ daN/mc}$  per lo strato di fondazione dalla paratia;

Per la valutazione della spinta agente esercitata dal terrapieno e dai sovraccarichi su di esso distribuiti si calcola con il metodo di **Culmann**. Il metodo di **Culmann** adotta le stesse ipotesi di base



---

**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di **Culmann**, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea ed i passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- *Si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;*
- *Si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );*
- *Dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.*

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## **16.2 AZIONI VARIABILI ( $Q_{k1}$ )**

Le azioni variabili ( $Q_{k1}$ ) sono quelle azioni che agiscono sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo.

Nel caso dell'opera di sostegno in oggetto si considerano i sovraccarichi accidentali di piccoli mezzi agricoli che possono stazionare sulla cresta del costone [ $Q_{k1}$ ]. Precisamente si ha:

$$Q_{k1} = 500,00 \text{ daN/mq}$$

I predetti sovraccarichi accidentali vanno applicati sul terrapieno a tergo delle opere per una larghezza che occupa l'intero sviluppo del terrapieno.



### 16.3 AZIONI SISMICHE E METODO PSEUDOSTATICO (E)

Come evidenzia la dicitura, le azioni sismiche sono tutte le azioni indotte su una generica struttura dai terremoti. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. L'analisi della sicurezza dell'opera di sostegno in questione in condizioni sismiche viene eseguita mediante il metodo pseudostatico. Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente, costante nello spazio e nel tempo. Le componenti orizzontale e verticale  $a_h$  e  $a_v$  dell'accelerazione equivalente devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera e della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici,  $a_h$  può essere legata all'accelerazione di picco  $a_{max}$  attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione riportata di seguito.

$$a_h = K_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $K_h$  è il coefficiente sismico in direzione orizzontale,  $\alpha \leq 1$  è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e  $\beta \leq 1$  è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Per le paratie si può porre  $a_v = 0$ .

L'accelerazione di picco  $a_{max}$  è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero mediante la relazione riportata di seguito.

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

**S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:  $S = S_S \cdot S_T$ . Essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafico ed  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica. Per sottosuolo di **categoria C** si ha che

$$S_S = 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \text{ e non deve mai essere } > \text{ di } 1,50 \text{ e minore di } 1,00. \text{ Inoltre per } \textbf{Categoria}$$

**Topografica T2** si ha che  $S_T = 1,20$ .

Per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , si definiscono i valori dei parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

**$a_g$**  accelerazione orizzontale massima al sito;

**$F_0$**  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

**$T^*_c$**  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le **probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$** , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella riassuntiva inserita di seguito. Altro parametro fondamentale per la determinazione della pericolosità sismica è il **periodo**

**di ritorno dell'azione sismica ( $T_r$ )** che si ricava mediante la seguente relazione  $T_r = -\frac{V_r}{\ln(1-P_{VR})}$ .

| Stati limite              |     | $P_{VR}$ | $V_r$   | $T_r$ |
|---------------------------|-----|----------|---------|-------|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81%      | 50 anni | 30    |
|                           | SLD | 63%      |         | 50    |
| Stati limite ultimi       | SLV | 10%      |         | 475   |
|                           | SLC | 5%       |         | 975   |



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Come già detto per ciascuna probabilità di superamento e quindi per ciascuno stato limite si hanno i parametri riportati di seguito ed elencati nell'allegato B del **Decreto Ministeriale del 17/01/2018**.

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima e dipende dalla latitudine e dalla longitudine del sito in questione.

$F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha un valore minimo pari a 2,20 e dipende anch'esso dalla longitudine e dalla latitudine del sito.

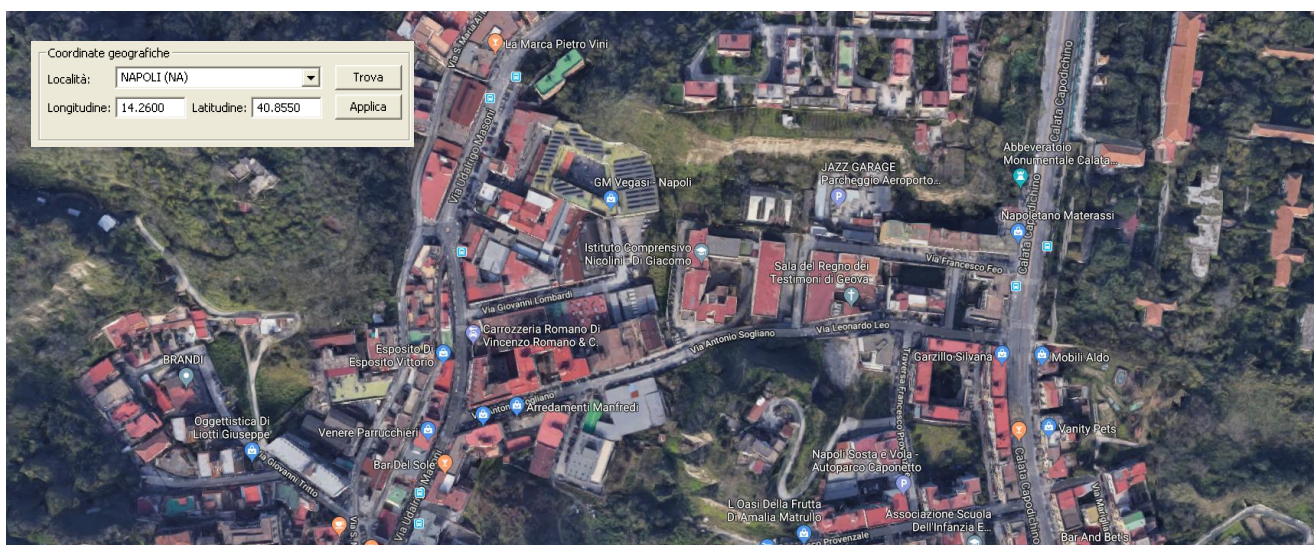
$T_c^*$  dipende dalla latitudine e dalla longitudine del sito in questione.

Nel caso in cui la pericolosità sismica su reticolo di riferimento riportata nell'allegato B non contempla i tempi di ritorno appena calcolati (infatti l'allegato B riporta i valori per periodi di ritorno pari a 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) il generico parametro  $p(a_g, F_0, T_c^*)$ , corrispondente ai valori del periodo di ritorno riportati nella precedente tabella, si determina mediante interpolazione lineare con la seguente relazione.

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

Nella quale “p” è il valore del parametro di interesse ( $a_g, F_0, T_c^*$ ) corrispondente al periodo di ritorno  $T_R$  cercato mentre i valori  $T_{R1}$  e  $T_{R2}$  sono i periodi di ritorno più vicini a  $T_R$  per i quali si dispone dei parametri  $p_1$  e  $p_2$  del generico parametro p. Come già detto il tutto è funzione della latitudine e della longitudine del luogo in cui sorge la costruzione.

Nel caso in esame la località in cui sorge la costruzione è **Via Francesco Feo – NAPOLI** le cui coordinate identificative sono quelle riportate nella figura seguente.



**Coordinate di riferimento del sito della struttura in esame**



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Poiché generalmente i valori delle predette coordinate non corrispondono ad alcun nodo del reticolo di riferimento (come si evince dalla figura riassuntiva riportata di seguito nella quale si riportano pure le coordinate dei nodi della maglia elementare) i valori dei parametri  $p(a_g, F_0, T_c^*)$  si determinano come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento in cui ricade il punto dove nasce la costruzione.

Come pesi si utilizzano gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro nodi di vertice attraverso la relazione riportata di seguito.

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove “p” è il valore del parametro di interesse  $(a_g, F_0, T_c^*)$ , “ $p_i$ ” è il valore del parametro di interesse nel vertice i-esimo della maglia elementare e “ $d_i$ ” è la distanza tra il punto in esame ed il vertice della maglia elementare.

Il **Decreto Ministeriale 17/01/2018** al paragrafo 7.1 oltre a definire i concetti di capacità e domanda, ribadisce che sotto l’effetto delle azioni sismiche deve essere garantito il rispetto degli Stati Limite Ultimi (SLV e SLC) e di Esercizio (SLO e SLD) definiti nei primi paragrafi della presente relazione.

La verifica nei confronti dei vari stati limite si effettua confrontando **capacità e domanda** ed in mancanza di specifiche indicazioni in merito, la verifica si considera svolta positivamente quando sono soddisfatti i requisiti di rigidezza, resistenza e duttilità, per gli elementi strutturali, e di stabilità e funzionalità, per gli elementi non strutturali e gli impianti, secondo quanto indicato nella tabella seguente.

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

| STATI LIMITE |     | CU I | CU II  |     |     | CU III e IV |     |       |
|--------------|-----|------|--------|-----|-----|-------------|-----|-------|
|              |     | ST   | ST     | NS  | IM  | ST          | NS  | IM(*) |
| SLE          | SLO |      |        |     |     | RIG         |     | FUN   |
|              | SLD | RIG  | RIG    |     |     | RES         |     |       |
| SLU          | SLV | RES  | RES    | STA | STA | RES         | STA | STA   |
|              | SLC |      | DUT(*) |     |     | DUT(*)      |     |       |

Per la struttura in oggetto, vista la tipologia e vista la classe d’uso si effettueranno le verifiche di resistenza [RES] allo SLU (SLV) ed allo SLE (SLD).

A seguire si allega una figura in cui si riportano in funzione della latitudine e della longitudine i parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ . Pertanto noti i predetti parametri è possibile determinare il parametro S e quindi i valori dei coefficienti sismici.



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

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

| Vertici della maglia elementare |             |            |               |
|---------------------------------|-------------|------------|---------------|
| Id nodo                         | Longitudine | Latitudine | Distanza [km] |
| 33200                           | 14.217      | 40.833     | 4.352         |
| 33201                           | 14.283      | 40.832     | 3.196         |
| 32979                           | 14.284      | 40.882     | 3.606         |
| 32978                           | 14.218      | 40.883     | 4.693         |

Coordinate geografiche

Località:

Longitudine:  Latitudine:

Parametri per le forme spettrali

|     | Pver | Tr  | ag [g] | Fo    | T*c   |
|-----|------|-----|--------|-------|-------|
| SLO | 81   | 30  | 0.045  | 2.340 | 0.280 |
| SLD | 63   | 50  | 0.059  | 2.330 | 0.310 |
| SLV | 10   | 475 | 0.168  | 2.370 | 0.340 |
| SLC | 5    | 975 | 0.213  | 2.440 | 0.340 |

Periodo di riferimento per l'azione sismica

| Vita Vn [anni]                  | Coefficiente uso Cu            | Periodo Vr [anni]               | Livello di sicurezza per esistenti % |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="text" value="50"/> | <input type="text" value="1"/> | <input type="text" value="50"/> | <input type="text" value="100"/>     |

☐ Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Riepilogo dei parametri che individuano la pericolosità sismica

Il valore del coefficiente  $\alpha$  può essere ricavato in funzione dell'altezza complessiva della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma riportato di seguito.

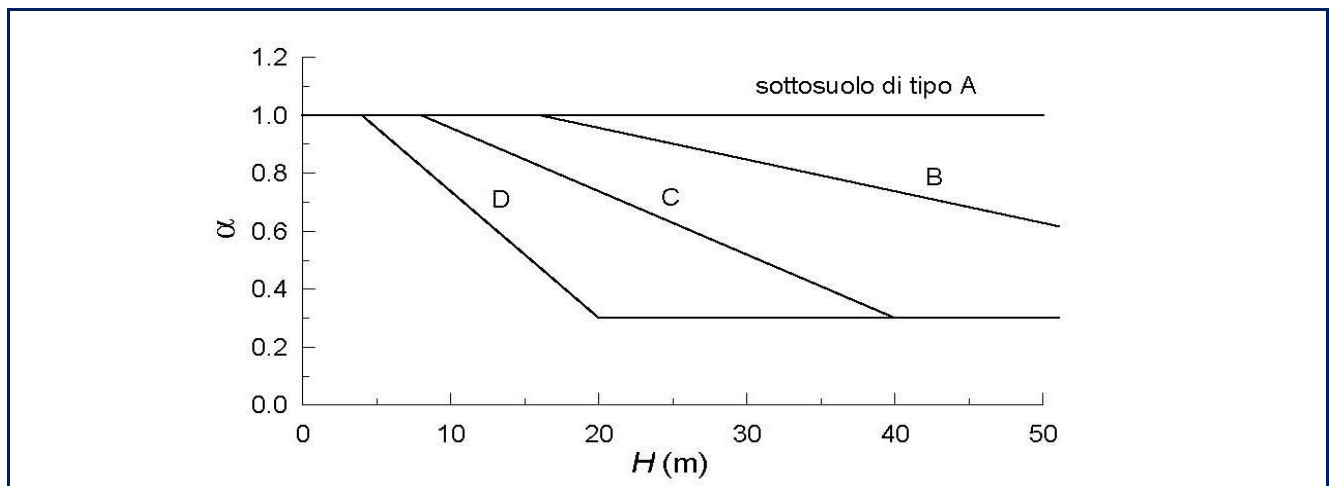


Diagramma per la determinazione del coefficiente " $\alpha$ "



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi il coefficiente  $\alpha = 1,00$ .

Il valore del coefficiente  $\beta$  può essere ricavato dal diagramma riportato di seguito, in funzione del massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Deve comunque risultare:

$$u_s \leq 0,005 \cdot H$$

ed infine se  $\alpha \cdot \beta \leq 0,20$

deve assumersi  $K_h = 0,20 \cdot \frac{a_{\max}}{g}$ .

Possono inoltre essere trascurati gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la paratia.

A seguire si riporta il diagramma mediante il quale noto lo spostamento massimo ammissibile  $u_s$  introdotto precedentemente è possibile determinare il coefficiente  $\beta$ .

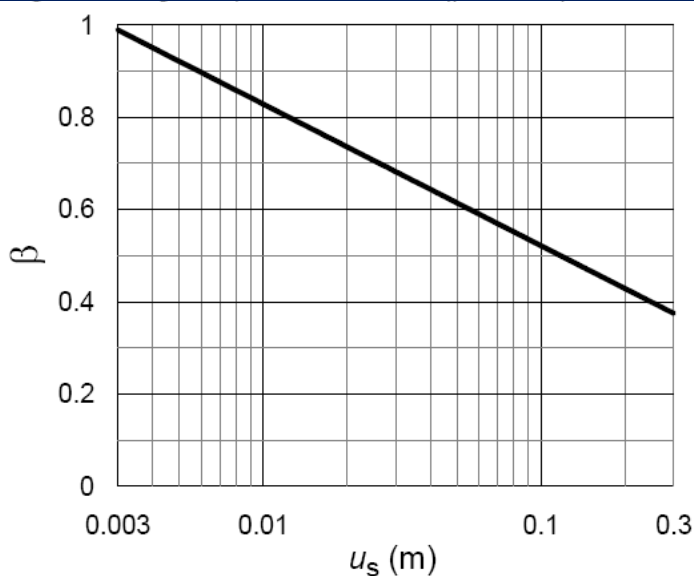


Fig. 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$ .

**Diagramma per la determinazione del coefficiente “ $\beta$ ”**

I parametri utilizzati nello specifico verranno riportati nel paragrafo in cui si riporta l'analisi dettagliata della paratia in oggetto.

Orbene, mediante i parametri sismici appena determinati si procede al calcolo geotecnico e strutturale della paratia in oggetto.



## 16.4 CALCOLO DELLA SPINTA IN PRESENZA DI SISMA

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana). La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon^* = \varepsilon + \theta$$

$$\beta^* = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat} - \gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat} - \gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos \theta}$$

Adottando il metodo di Mononobe – Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1. Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.



## 17 CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE (OPERA 1)

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

$K_{am}$  diagramma della spinta attiva agente da monte

$K_{av}$  diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata

$K_{pm}$  diagramma della spinta passiva agente da monte

$K_{pv}$  diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità :

- applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio;
- riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza;
- riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione.
-



## 18 SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO (OPERA 1)

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se  $m$  è l'interasse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) occorre ricavare l'area equivalente,  $A_m$ , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con  $E_m$  il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in  $Kg/cm^2$ ), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \cdot \frac{k \cdot \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

## 19 MODALITÀ DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO DEL TERRENO (OP1)

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al



---

**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

raggiungimento di una pressione  $p_{max}$ . Tale pressione  $p_{max}$  può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku = p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.



## 20 VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI (OPERA 1)

Le verifiche di sicurezza relative agli **stati limite ultimi (SLU)** e le analisi relative alle condizioni di **esercizio (SLE)** devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure riportate di seguito.

### 20.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione riportata di seguito.

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e può esprimersi mediante le relazioni riportate di seguito.

$$E_d = E \cdot \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \text{ ovvero:}$$

$$E_d = \gamma_E \cdot E \cdot \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right];$$

e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnica e può esprimersi mediante la relazione riportata di seguito.

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \cdot \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$ , dei parametri di progetto  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come  $E_d = E_k \cdot \gamma_E$ . Nella formulazione della resistenza  $R_d$ , compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci distinti ed alternativi. Nella fattispecie si utilizza l'APPROCCIO 1 di cui si dirà in seguito.

Per le **opere di sostegno assimilabili a paratie** e per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite ultimi:



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

**SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)**

- Instabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno;
- Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- Collasso per carico limite verticale;
- Sfilamento di uno o più ancoraggi (ove presenti).

**SLU di tipo strutturale (STR)**

- Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;
- Raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi (ove presenti);
- Raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni (ove presenti).

Come già detto in precedenza le verifiche si effettuano mediante l'utilizzo dell'APPROCCIO 1 nel quale sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali (A) per le azioni, (M) per la resistenza dei materiali ed (R) per la resistenza del sistema. La prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Le combinazioni si riportano di seguito.

Combinazione 1 (A1 + M1 + R1)

Combinazione 2 (A2 + M2 + R1)

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento.

**COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI**

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella seguente tabella riassuntiva. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità.

| CARICHI                    | Effetto     | Coefficiente parziale $\gamma_F$<br>(o $\gamma_E$ ) | EQU | (A1) STR | (A2) GEO |
|----------------------------|-------------|---|-----|----------|----------|
| PERMANENTI                 | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9 | 1,0      | 1,0      |
|                            | Sfavorevole |   | 1,1 | 1,3      | 1,0      |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,8 | 0,8      | 0,8      |
|                            | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5      | 1,3      |
| VARIABILI                  | Favorevole  | $\gamma_{Qi}$                                       | 0,0 | 0,0      | 0,0      |
|                            | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5      | 1,3      |

Nella combinazione 1, per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1, mentre nella combinazione 2 si impiegano i coefficienti riportati nella colonna A2.

Per le combinazioni di carico in cui è presente l'azione indotta dal sisma i coefficienti parziali sulle azioni si pongono pari all'unità.



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

**RESISTENZE**

Nel presente paragrafo si vogliono riassumere i coefficienti parziali per l'individuazione dei parametri geotecnici necessari alla riduzione degli stessi.

| PARAMETRO                                    | Grandezza di applicazione | Coefficiente parziale $\gamma_M$ | (M1) | (M2) |
|--|---------------------------|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$         | $\gamma_{\varphi'}$              | 1,00 | 1,25 |
| Coesione efficace                            | $c'_k$                    | $\gamma_{c'}$                    | 1,00 | 1,25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_{uk}$                  | $\gamma_{cu}$                    | 1,00 | 1,40 |
| Peso dell'unità di volume                    | $\gamma$                  | $\gamma_\gamma$                  | 1,00 | 1,00 |

Nella combinazione 1, per i parametri geotecnici si impiegano i coefficienti  $\gamma_M$  riportati nella colonna M1, mentre nella combinazione 2 si impiegano i coefficienti riportati nella colonna M2.

Per le combinazioni di carico in cui è presente l'azione indotta dal sisma i coefficienti parziali sui parametri geotecnici si pongono pari a quelli in cui non è presente l'azione sismica.

A seguire invece si riportano i coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO dei muri di sostegno che è quella che in definitiva si utilizzano pure per le paratie.

| VERIFICA                           | Coefficiente parziale (R1) | Coefficiente parziale (R2) | Coefficiente parziale (R3) |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,00$          | $\gamma_R = 1,00$          | $\gamma_R = 1,40$          |
| Scorrimento                        | $\gamma_R = 1,00$          | $\gamma_R = 1,00$          | $\gamma_R = 1,10$          |
| Resistenza del terreno a valle     | $\gamma_R = 1,00$          | $\gamma_R = 1,00$          | $\gamma_R = 1,40$          |

Nella combinazione 1, per i parametri appena introdotti si impiegano i coefficienti  $\gamma_R$  riportati nella colonna R1, allo stesso modo, per le paratie, nella combinazione 2 si impiegano comunque i coefficienti riportati nella colonna R1.

Per le combinazioni di carico in cui è presente l'azione indotta dal sisma i coefficienti parziali sui parametri geotecnici si pongono pari a quelli in cui non è presente l'azione sismica.

Infine per la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno riutilizza la combinazione 2 dell'APPROCCIO 1 (A2 + M2 + R2) con un coefficiente  $\gamma_R = 1,10$ .



### VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE (GEO)

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia + terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$ . Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1,00$ .

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop il cui coefficiente di sicurezza si esprime nel modo seguente.

$$\eta_g = \frac{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i) \cdot \operatorname{tg} \phi_i}{\sum_i^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso dalla relazione riportata di seguito.

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{esima}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{esima}$ ,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.



### **VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI (STR)**

Nel presente paragrafo si indica la procedura di calcolo agli stati limite ultimi per sezioni sollecitate a presso flessione retta ed a taglio.

#### **Resistenza a sforzo normale e flessione**

Per la valutazione della resistenza ultima di sezioni con calcestruzzo di classe inferiore a C45/55 si adottano le seguenti ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;
- deformazione iniziale dell'armatura di precompressione considerata nelle relazioni di congruenza della sezione.

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura si dedurranno, a partire dalle deformazioni, utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione di cui ai legami costitutivi.

La verifica allo stato limite ultimo di una sezione presso – in flessa si esegue controllando il soddisfacimento della seguente relazione.

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

$M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

#### **Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti**

Nel caso in esame non esiste armatura trasversale resistente a taglio pertanto la verifica soddisfatta se soddisfa la seguente relazione.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove

$V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente;

$V_{Rd}$  è la resistenza a taglio che, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, si valuta con la relazione riportata di seguito.



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

$$V_{Rd} = \left[ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove

$$k = 1 + \left( \frac{200}{d} \right)^{1/2} \leq n$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$d$  è l'altezza utile della sezione;

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \quad \text{è il rapporto geometrico di armatura longitudinale} \leq 0,02 ;$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \quad \text{è la tensione media di compressione nella sezione} \leq 0,20 \cdot f_{cd} ;$$

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Noti i concetti salienti necessari per le verifiche agli Stati Limite Ultimi a seguire si riportano i concetti salienti necessari nelle verifiche agli Stati Limite di Esercizio.



## 20.2 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le opere e i sistemi geotecnici e pertanto anche le paratie oggetto dell'analisi devono essere verificati nei confronti degli **stati limite di esercizio**. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese per l'opera stessa. Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno-struttura è funzione dell'importanza dell'opera da realizzare.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione riportata di seguito.

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e  $C_d$  è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione. Gli stati limite di esercizio presi in considerazione per il muro in questione sono quelli elencati di seguito.

- Verifiche di fessurazione;
- Verifiche delle tensioni di esercizio.

### VERIFICHE DI FESSURAZIONE

In accordo con il Decreto Ministeriale 7/01/2018 per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario che:

- Realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- Non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- Tener conto delle esigenze estetiche.

Per poter effettuare la verifica allo stato limite di apertura delle fessure è necessario stabilire le condizioni ambientali che nella fattispecie sono **“ordinarie”** e la tipologia delle armature che si ipotizzano essere **“poco sensibili”**.

Con le ipotesi fatte precedentemente si analizzano le combinazioni di carico **“frequente”** e **“quasi permanente”** e si impone, in questo modo, il valore di calcolo di apertura delle fessure.

Combinazione di carico frequente:  $w_d \leq 0,40\text{mm}$

Combinazione di carico quasi permanente:  $w_d \leq 0,30\text{mm}$

Il valore di calcolo di apertura delle fessure avviene mediante la relazione riportata di seguito.

$$w_d = 1,70 \cdot w_m$$



---

**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Il parametro  $w_m$  rappresenta l'ampiezza media delle fessure e si calcola come prodotto tra la deformazione media delle barre d'armatura  $\varepsilon_{sm}$  e la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ .

Pertanto si ha:

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per la determinazione della deformazione media delle barre d'armatura e della distanza media tra le fessure si utilizza il metodo EC2. Naturalmente essendo la paratia un elemento sempre compresso la verifica a fessurazione si esclude.

### **VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO**

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature. La verifica è soddisfatta se tali tensioni sono inferiori ai massimi valori consentiti dal Decreto Ministeriale 17/01/2018 e che di seguito si riassumono.

*Tensione massima di compressione del calcestruzzo in condizioni di esercizio.*

Combinazione di carico rara:  $\sigma_c < 0,60 \cdot f_{ck}$

Combinazione di carico quasi permanente:  $\sigma_c < 0,45 \cdot f_{ck}$

*Tensione massima di trazione dell'acciaio in condizioni di esercizio.*

Combinazione di carico rara:  $\sigma_f < 0,80 \cdot f_{yk}$

Orbene per quanto detto precedentemente le paratie oggetto dell'analisi saranno verificate solo ed esclusivamente monitorando le tensioni di esercizio.



### 20.3 RIEPILOGO COEFFICIENTI ADOTTATI

Nel presente paragrafo si intende riportare tutti i coefficienti di cui ai paragrafi precedenti utilizzati per le paratie di sostegno in questione.

#### Simbologia adottata

|                     |   |
|---------------------|---|
| $\gamma_{Gsfav}$    | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti                                 |
| $\gamma_{Gfav}$     | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti                                  |
| $\gamma_{Qsfav}$    | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili                                  |
| $\gamma_{Qfav}$     | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili                                   |
| $\gamma_{tan\phi'}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato                         |
| $\gamma_{c'}$       | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata                                 |
| $\gamma_{cu}$       | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata                             |
| $\gamma_{qu}$       | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo                                      |
| $\gamma_{\gamma}$   | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce |

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi    | Effetto     |                  | A1   | A2   |
|------------|-------------|------------------|------|------|
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1,00 | 1,00 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1,30 | 1,00 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0,80 | 0,80 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1,50 | 1,30 |

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                            |                     | M1   | M2   |
|--------------------------------------|---------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{tan\phi'}$ | 1,00 | 1,25 |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$       | 1,00 | 1,25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$       | 1,00 | 1,40 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$       | 1,00 | 1,60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$   | 1,00 | 1,00 |

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (combinazioni sismiche):

| Carichi    | Effetto     |                  | EQU  | A1   | A2   |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (combinazioni sismiche):

| Parametri                            |                      | M1   | M2   |
|--------------------------------------|----------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1,00 | 1,25 |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$        | 1,00 | 1,25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$        | 1,00 | 1,40 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$        | 1,00 | 1,60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$    | 1,00 | 1,00 |

Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

| Verifica                           | Coefficienti parziali |      |      |
|------------------------------------|-----------------------|------|------|
|                                    | R1                    | R2   | R3   |
| Capacità portante della fondazione | 1,00                  | 1,00 | 1,40 |
| Scorrimento                        | 1,00                  | 1,00 | 1,10 |
| Resistenza del terreno a valle     | 1,00                  | 1,00 | 1,40 |
| Stabilità globale                  |                       | 1,10 |      |

Per quanto concerne i coefficienti di combinazione per i sovraccarichi accidentali essendo presenti i sovraccarichi mobili stradali si considerano quelli relativi alle autorimesse di categoria “G”.

**Coefficienti di combinazione carichi variabili**       **$\Psi_0= 0,70$**        **$\Psi_1= 0,50$**        **$\Psi_2= 0,30$**

Noti i coefficienti adottati per la risoluzione delle opere in oggetto a seguire si riportano le verifiche Geotecniche, le verifiche allo Stato Limite Ultimo e le verifiche allo Stato Limite di Esercizio della paratia in oggetto.



## 21 ANALISI DEL MURO SU PALI (OPERA 1)

Nel presente paragrafo si riportano tutti i risultati analitici relativamente al muro su pali definito OPERA 1 e di cui si sono introdotte tutte le caratteristiche geometriche e meccaniche. Si riporta la verifica della sezione numero 8 (vedi grafici) che risulta essere quella più gravosa per il muro.

### GEOMETRIA DELL'OPERA

Tipo paratia:

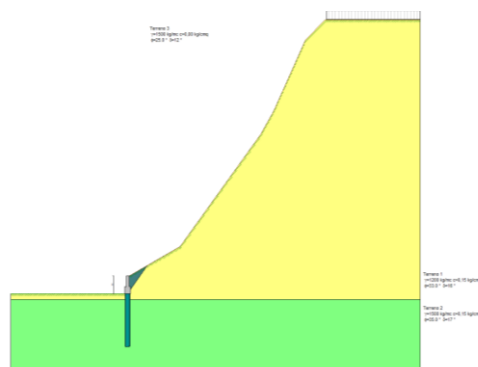
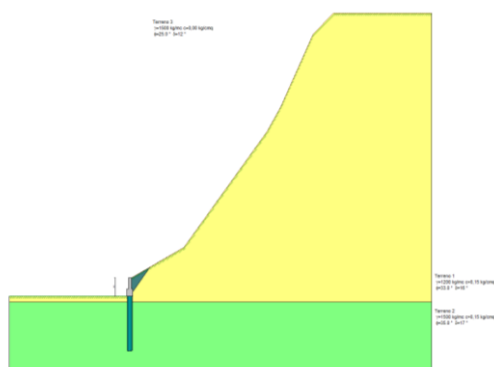
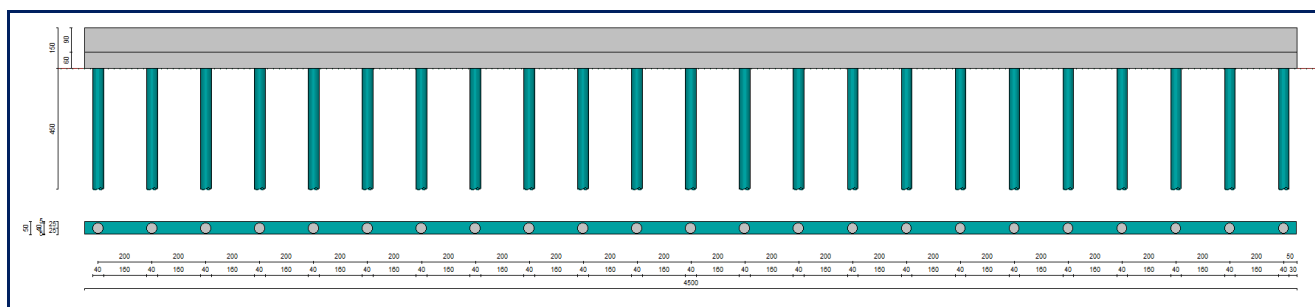
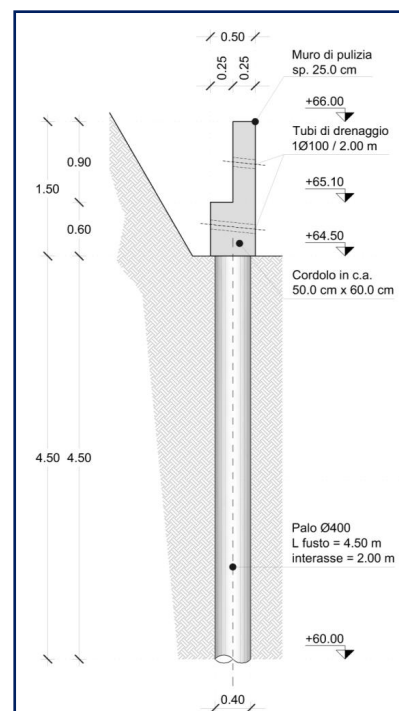
Paratia di pali con muro in testa

#### Geometria paratia

|                                  |       |      |
|----------------------------------|-------|------|
| Altezza fuori terra              | 1,50  | [m]  |
| Profondità di infissione         | 4,50  | [m]  |
| Altezza totale della paratia     | 6,00  | [m]  |
| Lunghezza paratia                | 45,00 | [m]  |
| Numero di file di pali           | 1     |      |
| Interasse fra i pali della fila  | 2,00  | [m]  |
| Diametro dei pali                | 40,00 | [cm] |
| Ordinata testa pali              | 0,90  | [m]  |
| Numero totale di pali            | 23    |      |
| Numero di pali per metro lineare | 0.51  |      |

#### Geometria muro

|                          |       |     |
|--------------------------|-------|-----|
| Altezza paramento        | 0,90  | [m] |
| Spessore testa paramento | 0,25  | [m] |
| Inclinazione esterna     | 0,000 | [°] |
| Inclinazione interna     | 0,000 | [°] |
| Spessore base paramento  | 0,25  | [m] |
| Larghezza fondazione     | 0,50  | [m] |
| Altezza fondazione       | 0,60  | [m] |
| Altezza totale muro      | 1,50  | [m] |





## GEOMETRIA PROFILO TERRENO

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

#### Profilo di monte

| N° | X     | Y     | A     |
|----|-------|-------|-------|
|    | [m]   | [m]   | [°]   |
| 2  | 0,13  | 0,00  | 0.00  |
| 3  | 4,50  | 2,50  | 29.74 |
| 4  | 11,40 | 12,00 | 54.01 |
| 5  | 12,50 | 14,00 | 61.19 |
| 6  | 15,20 | 20,00 | 65.77 |
| 7  | 16,90 | 21,70 | 45.00 |
| 8  | 25,00 | 21,70 | 0.00  |

#### Profilo di valle

| N° | X      | Y     | A    |
|----|--------|-------|------|
|    | [m]    | [m]   | [°]  |
| 1  | -10,00 | -1,50 | 0.00 |
| 2  | 0,00   | -1,50 | 0.00 |

## DESCRIZIONE TERRENI

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]

| N° | Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_{sat}$ | $\phi$ | $\delta$ | c                     |
|----|-------------|----------|----------------|--------|----------|-----------------------|
|    |             | [kg/mc]  | [kg/mc]        | [°]    | [°]      | [kg/cm <sup>q</sup> ] |
| 1  | Terreno 1   | 1200,0   | 2000,0         | 33.00  | 16.00    | 0,150                 |
| 2  | Terreno 2   | 1500,0   | 2000,0         | 35.00  | 17.00    | 0,150                 |
| 3  | Terreno 3   | 1500,0   | 2000,0         | 25.00  | 12.00    | 0,000                 |

## DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

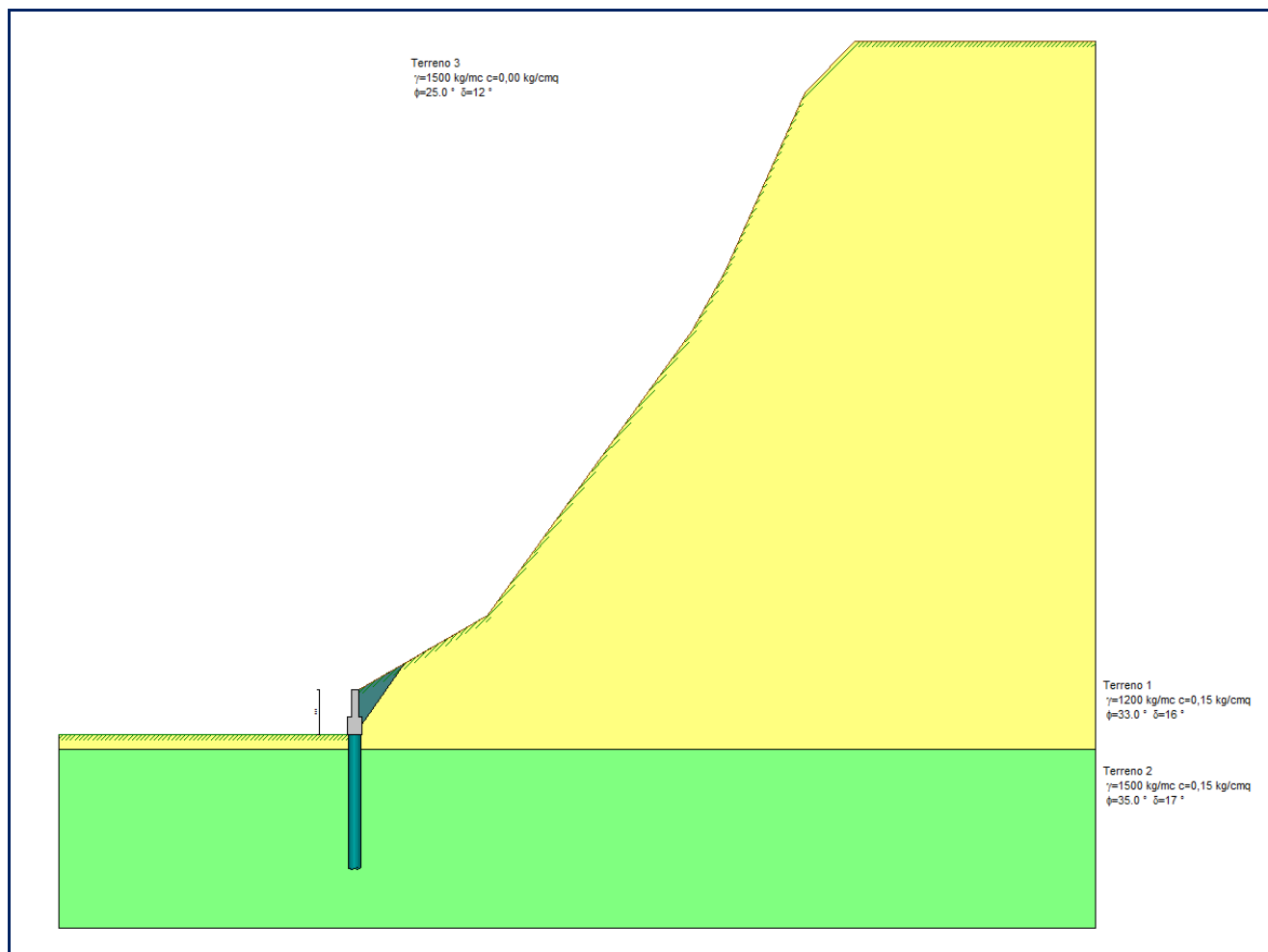
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Terreno Terreno associato allo strato

| N° | sp   | $\alpha_M$ | $\alpha_V$ | Kw <sub>M</sub>          | Kw <sub>V</sub>          | Terreno M | Terreno V |
|----|------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
|    | [m]  | [°]        | [°]        | [kg/cm <sup>q</sup> /cm] | [kg/cm <sup>q</sup> /cm] |           |           |
| 1  | 1,50 | 55.00      | 0.00       | 0.15                     | 0.74                     | Terreno 3 | Terreno 2 |
| 2  | 0,50 | 0.00       | 0.00       | 1.00                     | 1.00                     | Terreno 1 | Terreno 1 |
| 3  | 6,00 | 0.00       | 0.00       | 2.16                     | 2.16                     | Terreno 2 | Terreno 2 |



Geometria e stratigrafia della paratia

## CONDIZIONI DI CARICO

### Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

|            |  |
|------------|--|
| $F_x$      | Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle                                  |
| $F_y$      | Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso  |
| $M$        | Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante   |
| $Q_i, Q_f$ | Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]                                  |
| $V_i, V_s$ | Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle |
| $R$        | Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]                                       |

### Condizione n° 1 - Variabile – Carico mobile [ $\Psi_0=0.70$ - $\Psi_1=0.50$ - $\Psi_2=0.30$ ]

|                                |               |               |             |             |  |
|--------------------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|--|
| Carico distribuito sul profilo | $X_i = 17,00$ | $X_f = 25,00$ | $Q_i = 500$ | $Q_f = 500$ |  |
|--------------------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|--|



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Nella tabella a seguire sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione sia per i carichi permanenti e sia per quelli accidentali che si ipotizza appartengano alla categoria “G” (NTC 2018).

**Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.30     |        |

**Combinazione n° 2 - SLU - STR (A1-M1-R1)**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.30     |        |
| Condizione 1   | SFAV     | 1.50     | 1.00   |

**Combinazione n° 3 - SLU - GEO (A2-M2-R1)**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |

**Combinazione n° 4 - SLU - GEO (A2-M2-R1)**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |
| Condizione 1   | SFAV     | 1.30     | 1.00   |

**Combinazione n° 5 - SLV - GEO (A2-M2-R1)**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |
| Condizione 1   | SFAV     | 1.00     | 0.30   |

**Combinazione n° 6 - SLE - Rara**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |

**Combinazione n° 7 - SLE - Frequente**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |

**Combinazione n° 8 - SLE - Quasi permanente**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |

**Combinazione n° 9 - SLE - Rara**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |
| Condizione 1   | SFAV     | 1.00     | 1.00   |

**Combinazione n° 10 - SLE - Frequente**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |
| Condizione 1   | SFAV     | 1.00     | 0.50   |

**Combinazione n° 11 - SLE - Quasi permanente**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |
| Condizione 1   | SFAV     | 1.00     | 0.30   |

**Combinazione n° 12 - SLD**

| Condizione     | Fav/Sfav | $\gamma$ | $\Psi$ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV     | 1.00     |        |
| Condizione 1   | SFAV     | 1.00     | 0.30   |



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

**IMPOSTAZIONI DI ANALISI**

**Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno:

Pressione passiva

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia):

Solo nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  mentre la spinta è considerata orizzontale. Nella valutazione della resistenza passiva l'angolo di attrito tra terreno e paratia è stato considerato pari a  $\varphi/2$  così come prescritto al punto 7.11.6.3.1. del NTC 2018.

Stabilità globale:

Metodo di Bishop

**ANALISI DELLA SPINTA – PRESSIONI TERRENO**

*Simbologia adottata*

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

$\sigma_{am}$  sigma attiva da monte

$\sigma_{av}$  sigma attiva da valle

$\sigma_{pm}$  sigma passiva da monte

$\sigma_{pv}$  sigma passiva da valle

$\delta_a$  inclinazione spinta attiva espressa in [°]

$\delta_p$  inclinazione spinta passiva espressa in [°]

**Combinazione n° 1 - SLU - STR**

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 438           | 0             | 2951          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 761           | 0             | 6823          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 963           | 0             | 10696         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 1281          | 0             | 14568         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 1152          | 0             | 18022         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 46060         | 6081          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 54157         | 7616          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 66183         | 8893          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 88785         | 10800         | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 129192        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 201200        | 15118         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 350145        | 17276         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 753498        | 19435         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1948469       | 21594         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 197428        | 23753         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 193126        | 25911         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 339           | 63            | 190396        | 28070         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 5894          | 206           | 188724        | 30229         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 7301          | 350           | 187799        | 32388         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 7494          | 493           | 187436        | 34546         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 7685          | 637           | 187635        | 36705         | 0.00       | 0.00       |

**Combinazione n° 2 - SLU - STR**

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 438           | 0             | 2951          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 761           | 0             | 6823          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 963           | 0             | 10696         | 0             | 0.00       | 0.00       |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 13 | 1,20 | 1281          | 0             | 14568         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 1152          | 0             | 18022         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 46060         | 6081          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 54157         | 7616          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 66183         | 8893          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 88785         | 10800         | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 129192        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 201200        | 15118         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 350145        | 17276         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 753498        | 19435         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1948469       | 21594         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 191865        | 23753         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 188835        | 25911         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 2708          | 63            | 186966        | 28070         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 7178          | 206           | 185906        | 30229         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 7371          | 350           | 185436        | 32388         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 7562          | 493           | 185434        | 34546         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 7752          | 637           | 185911        | 36705         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 3 - SLU - GEO

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 3             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 436           | 0             | 1543          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 665           | 0             | 3568          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 870           | 0             | 5593          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 1222          | 0             | 7617          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 971           | 0             | 9410          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 110602        | 4293          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 27368         | 5236          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 30279         | 5995          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 33760         | 7153          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 42007         | 8463          | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 53040         | 9773          | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 5608          | 0             | 68170         | 11083         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 6514          | 0             | 89656         | 12394         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 6693          | 0             | 121532        | 13704         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 6872          | 0             | 172183        | 15014         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 7050          | 28            | 213529        | 16324         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 7228          | 167           | 231543        | 17635         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 7404          | 307           | 251857        | 18945         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 7580          | 446           | 273287        | 20255         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 7755          | 586           | 295343        | 21566         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 7930          | 725           | 340544        | 22876         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 4 - SLU - GEO

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 3             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 436           | 0             | 1543          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 665           | 0             | 3568          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 870           | 0             | 5593          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 1222          | 0             | 7617          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 971           | 0             | 9410          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 110602        | 4293          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 27368         | 5236          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 30279         | 5995          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 33760         | 7153          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 42007         | 8463          | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 1325          | 0             | 53040         | 9773          | 0.00       | 0.00       |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 37 | 3,20 | 6399          | 0             | 68170         | 11083         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 6579          | 0             | 89656         | 12394         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 6757          | 0             | 121532        | 13704         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 6935          | 0             | 172183        | 15014         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 7112          | 28            | 213529        | 16324         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 7289          | 167           | 231543        | 17635         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 7464          | 307           | 251857        | 18945         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 7639          | 446           | 273287        | 20255         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 7813          | 586           | 295343        | 21566         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 7987          | 725           | 340544        | 22876         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 5 - SLV - GEO

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 3             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 522           | 0             | 1543          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 837           | 0             | 3568          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 1129          | 0             | 5593          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 1567          | 0             | 7617          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 1396          | 0             | 9410          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 110602        | 4293          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 27368         | 5236          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 30279         | 5995          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 33760         | 7153          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 42007         | 8463          | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 53040         | 9773          | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 6353          | 0             | 68170         | 11083         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 6533          | 0             | 89656         | 12394         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 6713          | 0             | 121532        | 13704         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 6891          | 0             | 172183        | 15014         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 7069          | 28            | 213529        | 16324         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 7246          | 167           | 231543        | 17635         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 7422          | 307           | 251857        | 18945         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 7598          | 446           | 273287        | 20255         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 7773          | 586           | 295343        | 21566         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 7947          | 725           | 340544        | 22876         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 6 - SLE - Rara

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 337           | 0             | 2270          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 588           | 0             | 5249          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 733           | 0             | 8227          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 985           | 0             | 11206         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 886           | 0             | 13863         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 39977         | 5953          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 46798         | 7133          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 57050         | 8171          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 76381         | 9638          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 110908        | 11298         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 172348        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 299146        | 14619         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 641191        | 16280         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1677314       | 17941         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 146931        | 19601         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 145101        | 21262         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 0             | 0             | 144005        | 22922         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 0             | 0             | 143432        | 24583         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 297           | 0             | 143249        | 26243         | 0.00       | 0.00       |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 61 | 5,60 | 447           | 52            | 143389        | 27904         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 599           | 162           | 143860        | 29565         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 7 - SLE - Frequente

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 337           | 0             | 2270          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 588           | 0             | 5249          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 733           | 0             | 8227          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 985           | 0             | 11206         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 886           | 0             | 13863         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 39977         | 5953          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 46798         | 7133          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 57050         | 8171          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 76381         | 9638          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 110908        | 11298         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 172348        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 299146        | 14619         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 641191        | 16280         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1677314       | 17941         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 146931        | 19601         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 145101        | 21262         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 0             | 0             | 144005        | 22922         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 0             | 0             | 143432        | 24583         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 297           | 0             | 143249        | 26243         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 447           | 52            | 143389        | 27904         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 599           | 162           | 143860        | 29565         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 8 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 337           | 0             | 2270          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 588           | 0             | 5249          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 733           | 0             | 8227          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 985           | 0             | 11206         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 886           | 0             | 13863         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 39977         | 5953          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 46798         | 7133          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 57050         | 8171          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 76381         | 9638          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 110908        | 11298         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 172348        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 299146        | 14619         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 641191        | 16280         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1677314       | 17941         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 146931        | 19601         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 145101        | 21262         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 0             | 0             | 144005        | 22922         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 0             | 0             | 143432        | 24583         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 297           | 0             | 143249        | 26243         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 447           | 52            | 143389        | 27904         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 599           | 162           | 143860        | 29565         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 9 - SLE - Rara

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 337           | 0             | 2270          | 0             | 0.00       | 0.00       |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 7  | 0,60 | 588           | 0             | 5249          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 733           | 0             | 8227          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 985           | 0             | 11206         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 886           | 0             | 13863         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 39977         | 5953          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 46798         | 7133          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 57050         | 8171          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 76381         | 9638          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 110908        | 11298         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 172348        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 299146        | 14619         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 641191        | 16280         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1750190       | 17941         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 144222        | 19601         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 142921        | 21262         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 0             | 0             | 142204        | 22922         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 0             | 0             | 141916        | 24583         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 297           | 0             | 141951        | 26243         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 447           | 52            | 142276        | 27904         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 599           | 162           | 142884        | 29565         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 10 - SLE - Frequente

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 337           | 0             | 2270          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 588           | 0             | 5249          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 733           | 0             | 8227          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 985           | 0             | 11206         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 886           | 0             | 13863         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 39977         | 5953          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 46798         | 7133          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 57050         | 8171          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 76381         | 9638          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 110908        | 11298         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 172348        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 299146        | 14619         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 641191        | 16280         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1716429       | 17941         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 145527        | 19601         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 143976        | 21262         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 0             | 0             | 143078        | 22922         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 0             | 0             | 142654        | 24583         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 297           | 0             | 142585        | 26243         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 447           | 52            | 142820        | 27904         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 599           | 162           | 143362        | 29565         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 11 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 337           | 0             | 2270          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 588           | 0             | 5249          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 733           | 0             | 8227          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 985           | 0             | 11206         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 886           | 0             | 13863         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 39977         | 5953          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 46798         | 7133          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 57050         | 8171          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 76381         | 9638          | 0.00       | 0.00       |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 110908        | 11298         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 172348        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 299146        | 14619         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 641191        | 16280         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1700879       | 17941         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 146076        | 19601         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 144417        | 21262         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 0             | 0             | 143443        | 22922         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 0             | 0             | 142960        | 24583         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 297           | 0             | 142847        | 26243         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 447           | 52            | 143045        | 27904         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 599           | 162           | 143559        | 29565         | 0.00       | 0.00       |

Combinazione n° 12 - SLD

| n° | Y    | $\sigma_{am}$ | $\sigma_{av}$ | $\sigma_{pm}$ | $\sigma_{pv}$ | $\delta_a$ | $\delta_p$ |
|----|------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
|    | [m]  | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [kg/mq]       | [°]        | [°]        |
| 1  | 0,00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 4  | 0,30 | 369           | 0             | 2270          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 7  | 0,60 | 651           | 0             | 5249          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 10 | 0,90 | 827           | 0             | 8227          | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 13 | 1,20 | 1111          | 0             | 11206         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 16 | 1,48 | 1041          | 0             | 13863         | 0             | 0.00       | 0.00       |
| 19 | 1,60 | 0             | 0             | 39977         | 5953          | 0.00       | 0.00       |
| 22 | 1,90 | 0             | 0             | 46798         | 7133          | 0.00       | 0.00       |
| 25 | 2,02 | 0             | 0             | 57050         | 8171          | 0.00       | 0.00       |
| 28 | 2,30 | 0             | 0             | 76381         | 9638          | 0.00       | 0.00       |
| 31 | 2,60 | 0             | 0             | 110908        | 11298         | 0.00       | 0.00       |
| 34 | 2,90 | 0             | 0             | 172348        | 12959         | 0.00       | 0.00       |
| 37 | 3,20 | 0             | 0             | 299146        | 14619         | 0.00       | 0.00       |
| 40 | 3,50 | 0             | 0             | 641191        | 16280         | 0.00       | 0.00       |
| 43 | 3,80 | 0             | 0             | 1700879       | 17941         | 0.00       | 0.00       |
| 46 | 4,10 | 0             | 0             | 146076        | 19601         | 0.00       | 0.00       |
| 49 | 4,40 | 0             | 0             | 144417        | 21262         | 0.00       | 0.00       |
| 52 | 4,70 | 0             | 0             | 143443        | 22922         | 0.00       | 0.00       |
| 55 | 5,00 | 0             | 0             | 142960        | 24583         | 0.00       | 0.00       |
| 58 | 5,30 | 297           | 0             | 142847        | 26243         | 0.00       | 0.00       |
| 61 | 5,60 | 447           | 52            | 143045        | 27904         | 0.00       | 0.00       |
| 64 | 5,90 | 599           | 162           | 143559        | 29565         | 0.00       | 0.00       |



## PRESSIONI ORIZZONTALI AGENTI SULLA PARATIA

### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione espressa in [m]  
P pressione sulla paratia espressa in [kg/mq] positiva da monte verso valle

### Combinazione n° 1 - SLU - STR

| n° | Y<br>[m] | P<br>[kg/mq] |
|----|----------|--------------|
| 1  | 0,00     | 0,00         |
| 4  | 0,15     | 218,72       |
| 7  | 0,30     | 438,31       |
| 10 | 0,45     | 604,14       |
| 13 | 0,60     | 761,16       |
| 16 | 0,75     | 872,50       |
| 19 | 0,90     | 963,10       |
| 22 | 1,05     | 1225,68      |
| 25 | 1,20     | 1280,66      |
| 28 | 1,35     | 1188,91      |
| 1  | 1,50     | -1534,68     |
| 4  | 1,65     | -1346,01     |
| 7  | 1,80     | -1166,59     |
| 10 | 1,95     | -997,92      |
| 13 | 2,10     | -1813,84     |
| 16 | 2,25     | -1503,70     |
| 19 | 2,40     | -1222,31     |
| 22 | 2,55     | -969,92      |
| 25 | 2,70     | -746,10      |
| 28 | 2,85     | -549,90      |
| 31 | 3,00     | -380,00      |
| 34 | 3,15     | -234,75      |
| 37 | 3,30     | -112,33      |
| 40 | 3,45     | -10,76       |
| 43 | 3,60     | 71,98        |
| 46 | 3,75     | 137,93       |
| 49 | 3,90     | 189,07       |
| 52 | 4,05     | 227,34       |
| 55 | 4,20     | 254,56       |
| 58 | 4,35     | 272,44       |
| 61 | 4,50     | 282,54       |
| 64 | 4,65     | 286,29       |
| 67 | 4,80     | 284,98       |
| 70 | 4,95     | 279,72       |
| 73 | 5,10     | 271,48       |
| 76 | 5,25     | 261,11       |
| 79 | 5,40     | 249,26       |
| 82 | 5,55     | 236,49       |
| 85 | 5,70     | 223,21       |
| 88 | 5,85     | 209,70       |
| 91 | 6,00     | 196,13       |

### Combinazione n° 2 - SLU - STR

| n° | Y<br>[m] | P<br>[kg/mq] |
|----|----------|--------------|
| 1  | 0,00     | 0,00         |
| 4  | 0,15     | 218,72       |
| 7  | 0,30     | 438,31       |
| 10 | 0,45     | 604,14       |
| 13 | 0,60     | 761,16       |
| 16 | 0,75     | 872,50       |
| 19 | 0,90     | 963,10       |
| 22 | 1,05     | 1225,68      |
| 25 | 1,20     | 1280,66      |
| 28 | 1,35     | 1188,91      |
| 1  | 1,50     | -1534,68     |
| 4  | 1,65     | -1346,01     |
| 7  | 1,80     | -1166,59     |
| 10 | 1,95     | -997,92      |
| 13 | 2,10     | -1813,84     |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 16 | 2,25 | -1503,70 |
| 19 | 2,40 | -1222,31 |
| 22 | 2,55 | -969,92  |
| 25 | 2,70 | -746,10  |
| 28 | 2,85 | -549,90  |
| 31 | 3,00 | -380,00  |
| 34 | 3,15 | -234,75  |
| 37 | 3,30 | -112,33  |
| 40 | 3,45 | -10,76   |
| 43 | 3,60 | 71,98    |
| 46 | 3,75 | 137,93   |
| 49 | 3,90 | 189,07   |
| 52 | 4,05 | 227,34   |
| 55 | 4,20 | 254,56   |
| 58 | 4,35 | 272,44   |
| 61 | 4,50 | 282,54   |
| 64 | 4,65 | 286,29   |
| 67 | 4,80 | 284,98   |
| 70 | 4,95 | 279,72   |
| 73 | 5,10 | 271,48   |
| 76 | 5,25 | 261,11   |
| 79 | 5,40 | 249,26   |
| 82 | 5,55 | 236,49   |
| 85 | 5,70 | 223,21   |
| 88 | 5,85 | 209,70   |
| 91 | 6,00 | 196,13   |

Combinazione n° 3 - SLU - GEO

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,10 | 178,05   |
| 7  | 0,25 | 394,45   |
| 10 | 0,40 | 531,04   |
| 13 | 0,55 | 636,71   |
| 16 | 0,70 | 768,74   |
| 19 | 0,85 | 860,07   |
| 22 | 1,00 | 949,62   |
| 25 | 1,15 | 1184,26  |
| 28 | 1,30 | 1109,90  |
| 31 | 1,45 | 987,51   |
| 1  | 1,50 | -1413,94 |
| 4  | 1,65 | -1239,49 |
| 7  | 1,80 | -1073,70 |
| 10 | 1,95 | -917,93  |
| 13 | 2,10 | -1667,36 |
| 16 | 2,25 | -1381,22 |
| 19 | 2,40 | -1121,74 |
| 22 | 2,55 | -889,10  |
| 25 | 2,70 | -682,89  |
| 28 | 2,85 | -502,23  |
| 31 | 3,00 | -345,86  |
| 34 | 3,15 | -212,26  |
| 37 | 3,30 | -99,72   |
| 40 | 3,45 | -6,43    |
| 43 | 3,60 | 69,49    |
| 46 | 3,75 | 129,94   |
| 49 | 3,90 | 176,74   |
| 52 | 4,05 | 211,68   |
| 55 | 4,20 | 236,45   |
| 58 | 4,35 | 252,62   |
| 61 | 4,50 | 261,64   |
| 64 | 4,65 | 264,81   |
| 67 | 4,80 | 263,33   |
| 70 | 4,95 | 258,22   |
| 73 | 5,10 | 250,38   |
| 76 | 5,25 | 240,57   |
| 79 | 5,40 | 229,42   |
| 82 | 5,55 | 217,42   |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | P       |
|----|------|---------|
|    | [m]  | [kg/mq] |
| 85 | 5,70 | 204,95  |
| 88 | 5,85 | 192,26  |
| 91 | 6,00 | 179,53  |

Combinazione n° 4 - SLU - GEO

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,10 | 178,05   |
| 7  | 0,25 | 394,45   |
| 10 | 0,40 | 531,04   |
| 13 | 0,55 | 636,71   |
| 16 | 0,70 | 768,74   |
| 19 | 0,85 | 860,07   |
| 22 | 1,00 | 949,62   |
| 25 | 1,15 | 1184,26  |
| 28 | 1,30 | 1109,90  |
| 31 | 1,45 | 987,51   |
| 1  | 1,50 | -1413,94 |
| 4  | 1,65 | -1239,49 |
| 7  | 1,80 | -1073,70 |
| 10 | 1,95 | -917,93  |
| 13 | 2,10 | -1667,36 |
| 16 | 2,25 | -1381,22 |
| 19 | 2,40 | -1121,74 |
| 22 | 2,55 | -889,10  |
| 25 | 2,70 | -682,89  |
| 28 | 2,85 | -502,23  |
| 31 | 3,00 | -345,86  |
| 34 | 3,15 | -212,26  |
| 37 | 3,30 | -99,72   |
| 40 | 3,45 | -6,43    |
| 43 | 3,60 | 69,49    |
| 46 | 3,75 | 129,94   |
| 49 | 3,90 | 176,74   |
| 52 | 4,05 | 211,68   |
| 55 | 4,20 | 236,45   |
| 58 | 4,35 | 252,62   |
| 61 | 4,50 | 261,64   |
| 64 | 4,65 | 264,81   |
| 67 | 4,80 | 263,33   |
| 70 | 4,95 | 258,22   |
| 73 | 5,10 | 250,38   |
| 76 | 5,25 | 240,57   |
| 79 | 5,40 | 229,42   |
| 82 | 5,55 | 217,42   |
| 85 | 5,70 | 204,95   |
| 88 | 5,85 | 192,26   |
| 91 | 6,00 | 179,53   |

Combinazione n° 5 - SLV - GEO

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,10 | 206,80   |
| 7  | 0,25 | 466,34   |
| 10 | 0,40 | 646,08   |
| 13 | 0,55 | 794,89   |
| 16 | 0,70 | 970,05   |
| 19 | 0,85 | 1104,52  |
| 22 | 1,00 | 1237,22  |
| 25 | 1,15 | 1514,99  |
| 28 | 1,30 | 1483,78  |
| 31 | 1,45 | 1404,52  |
| 1  | 1,50 | -1808,53 |
| 4  | 1,65 | -1586,18 |
| 7  | 1,80 | -1374,73 |
| 10 | 1,95 | -1175,97 |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18

### PROGETTO ESECUTIVO

#### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 13 | 2,10 | -2137,44 |
| 16 | 2,25 | -1771,95 |
| 19 | 2,40 | -1440,35 |
| 22 | 2,55 | -1142,92 |
| 25 | 2,70 | -879,16  |
| 28 | 2,85 | -647,96  |
| 31 | 3,00 | -447,74  |
| 34 | 3,15 | -276,58  |
| 37 | 3,30 | -132,31  |
| 40 | 3,45 | -12,62   |
| 43 | 3,60 | 84,88    |
| 46 | 3,75 | 162,58   |
| 49 | 3,90 | 222,85   |
| 52 | 4,05 | 267,94   |
| 55 | 4,20 | 300,01   |
| 58 | 4,35 | 321,07   |
| 61 | 4,50 | 332,97   |
| 64 | 4,65 | 337,40   |
| 67 | 4,80 | 335,84   |
| 70 | 4,95 | 329,64   |
| 73 | 5,10 | 319,93   |
| 76 | 5,25 | 307,70   |
| 79 | 5,40 | 293,74   |
| 82 | 5,55 | 278,69   |
| 85 | 5,70 | 263,03   |
| 88 | 5,85 | 247,11   |
| 91 | 6,00 | 231,11   |

#### Combinazione n° 6 - SLE - Rara

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,15 | 163,94   |
| 7  | 0,30 | 337,15   |
| 10 | 0,45 | 464,77   |
| 13 | 0,60 | 587,75   |
| 16 | 0,75 | 669,16   |
| 19 | 0,90 | 732,73   |
| 22 | 1,05 | 952,02   |
| 25 | 1,20 | 985,13   |
| 28 | 1,35 | 914,55   |
| 1  | 1,50 | -1179,97 |
| 4  | 1,65 | -1034,93 |
| 7  | 1,80 | -897,01  |
| 10 | 1,95 | -767,34  |
| 13 | 2,10 | -1394,79 |
| 16 | 2,25 | -1156,35 |
| 19 | 2,40 | -940,01  |
| 22 | 2,55 | -745,96  |
| 25 | 2,70 | -573,87  |
| 28 | 2,85 | -423,02  |
| 31 | 3,00 | -292,38  |
| 34 | 3,15 | -180,69  |
| 37 | 3,30 | -86,55   |
| 40 | 3,45 | -8,44    |
| 43 | 3,60 | 55,19    |
| 46 | 3,75 | 105,91   |
| 49 | 3,90 | 145,25   |
| 52 | 4,05 | 174,69   |
| 55 | 4,20 | 195,63   |
| 58 | 4,35 | 209,39   |
| 61 | 4,50 | 217,17   |
| 64 | 4,65 | 220,07   |
| 67 | 4,80 | 219,07   |
| 70 | 4,95 | 215,04   |
| 73 | 5,10 | 208,72   |
| 76 | 5,25 | 200,76   |
| 79 | 5,40 | 191,66   |
| 82 | 5,55 | 181,86   |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | P       |
|----|------|---------|
|    | [m]  | [kg/mq] |
| 85 | 5,70 | 171,66  |
| 88 | 5,85 | 161,28  |
| 91 | 6,00 | 150,86  |

Combinazione n° 7 - SLE - Frequente

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,15 | 163,94   |
| 7  | 0,30 | 337,15   |
| 10 | 0,45 | 464,77   |
| 13 | 0,60 | 587,75   |
| 16 | 0,75 | 669,16   |
| 19 | 0,90 | 732,73   |
| 22 | 1,05 | 952,02   |
| 25 | 1,20 | 985,13   |
| 28 | 1,35 | 914,55   |
| 1  | 1,50 | -1179,97 |
| 4  | 1,65 | -1034,93 |
| 7  | 1,80 | -897,01  |
| 10 | 1,95 | -767,34  |
| 13 | 2,10 | -1394,79 |
| 16 | 2,25 | -1156,35 |
| 19 | 2,40 | -940,01  |
| 22 | 2,55 | -745,96  |
| 25 | 2,70 | -573,87  |
| 28 | 2,85 | -423,02  |
| 31 | 3,00 | -292,38  |
| 34 | 3,15 | -180,69  |
| 37 | 3,30 | -86,55   |
| 40 | 3,45 | -8,44    |
| 43 | 3,60 | 55,19    |
| 46 | 3,75 | 105,91   |
| 49 | 3,90 | 145,25   |
| 52 | 4,05 | 174,69   |
| 55 | 4,20 | 195,63   |
| 58 | 4,35 | 209,39   |
| 61 | 4,50 | 217,17   |
| 64 | 4,65 | 220,07   |
| 67 | 4,80 | 219,07   |
| 70 | 4,95 | 215,04   |
| 73 | 5,10 | 208,72   |
| 76 | 5,25 | 200,76   |
| 79 | 5,40 | 191,66   |
| 82 | 5,55 | 181,86   |
| 85 | 5,70 | 171,66   |
| 88 | 5,85 | 161,28   |
| 91 | 6,00 | 150,86   |

Combinazione n° 8 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,15 | 163,94   |
| 7  | 0,30 | 337,15   |
| 10 | 0,45 | 464,77   |
| 13 | 0,60 | 587,75   |
| 16 | 0,75 | 669,16   |
| 19 | 0,90 | 732,73   |
| 22 | 1,05 | 952,02   |
| 25 | 1,20 | 985,13   |
| 28 | 1,35 | 914,55   |
| 1  | 1,50 | -1179,97 |
| 4  | 1,65 | -1034,93 |
| 7  | 1,80 | -897,01  |
| 10 | 1,95 | -767,34  |
| 13 | 2,10 | -1394,79 |
| 16 | 2,25 | -1156,35 |



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

| n° | Y    | P       |
|----|------|---------|
|    | [m]  | [kg/mq] |
| 19 | 2,40 | -940,01 |
| 22 | 2,55 | -745,96 |
| 25 | 2,70 | -573,87 |
| 28 | 2,85 | -423,02 |
| 31 | 3,00 | -292,38 |
| 34 | 3,15 | -180,69 |
| 37 | 3,30 | -86,55  |
| 40 | 3,45 | -8,44   |
| 43 | 3,60 | 55,19   |
| 46 | 3,75 | 105,91  |
| 49 | 3,90 | 145,25  |
| 52 | 4,05 | 174,69  |
| 55 | 4,20 | 195,63  |
| 58 | 4,35 | 209,39  |
| 61 | 4,50 | 217,17  |
| 64 | 4,65 | 220,07  |
| 67 | 4,80 | 219,07  |
| 70 | 4,95 | 215,04  |
| 73 | 5,10 | 208,72  |
| 76 | 5,25 | 200,76  |
| 79 | 5,40 | 191,66  |
| 82 | 5,55 | 181,86  |
| 85 | 5,70 | 171,66  |
| 88 | 5,85 | 161,28  |
| 91 | 6,00 | 150,86  |

**Combinazione n° 9 - SLE - Rara**

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,15 | 163,94   |
| 7  | 0,30 | 337,15   |
| 10 | 0,45 | 464,77   |
| 13 | 0,60 | 587,75   |
| 16 | 0,75 | 669,16   |
| 19 | 0,90 | 732,73   |
| 22 | 1,05 | 952,02   |
| 25 | 1,20 | 985,13   |
| 28 | 1,35 | 914,55   |
| 1  | 1,50 | -1179,97 |
| 4  | 1,65 | -1034,93 |
| 7  | 1,80 | -897,01  |
| 10 | 1,95 | -767,34  |
| 13 | 2,10 | -1394,79 |
| 16 | 2,25 | -1156,35 |
| 19 | 2,40 | -940,01  |
| 22 | 2,55 | -745,96  |
| 25 | 2,70 | -573,87  |
| 28 | 2,85 | -423,02  |
| 31 | 3,00 | -292,38  |
| 34 | 3,15 | -180,69  |
| 37 | 3,30 | -86,55   |
| 40 | 3,45 | -8,44    |
| 43 | 3,60 | 55,19    |
| 46 | 3,75 | 105,91   |
| 49 | 3,90 | 145,25   |
| 52 | 4,05 | 174,69   |
| 55 | 4,20 | 195,63   |
| 58 | 4,35 | 209,39   |
| 61 | 4,50 | 217,17   |
| 64 | 4,65 | 220,07   |
| 67 | 4,80 | 219,07   |
| 70 | 4,95 | 215,04   |
| 73 | 5,10 | 208,72   |
| 76 | 5,25 | 200,76   |
| 79 | 5,40 | 191,66   |
| 82 | 5,55 | 181,86   |
| 85 | 5,70 | 171,66   |
| 88 | 5,85 | 161,28   |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | P       |
|----|------|---------|
|    | [m]  | [kg/mq] |
| 91 | 6,00 | 150,86  |

Combinazione n° 10 - SLE - Frequente

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,15 | 163,94   |
| 7  | 0,30 | 337,15   |
| 10 | 0,45 | 464,77   |
| 13 | 0,60 | 587,75   |
| 16 | 0,75 | 669,16   |
| 19 | 0,90 | 732,73   |
| 22 | 1,05 | 952,02   |
| 25 | 1,20 | 985,13   |
| 28 | 1,35 | 914,55   |
| 1  | 1,50 | -1179,97 |
| 4  | 1,65 | -1034,93 |
| 7  | 1,80 | -897,01  |
| 10 | 1,95 | -767,34  |
| 13 | 2,10 | -1394,79 |
| 16 | 2,25 | -1156,35 |
| 19 | 2,40 | -940,01  |
| 22 | 2,55 | -745,96  |
| 25 | 2,70 | -573,87  |
| 28 | 2,85 | -423,02  |
| 31 | 3,00 | -292,38  |
| 34 | 3,15 | -180,69  |
| 37 | 3,30 | -86,55   |
| 40 | 3,45 | -8,44    |
| 43 | 3,60 | 55,19    |
| 46 | 3,75 | 105,91   |
| 49 | 3,90 | 145,25   |
| 52 | 4,05 | 174,69   |
| 55 | 4,20 | 195,63   |
| 58 | 4,35 | 209,39   |
| 61 | 4,50 | 217,17   |
| 64 | 4,65 | 220,07   |
| 67 | 4,80 | 219,07   |
| 70 | 4,95 | 215,04   |
| 73 | 5,10 | 208,72   |
| 76 | 5,25 | 200,76   |
| 79 | 5,40 | 191,66   |
| 82 | 5,55 | 181,86   |
| 85 | 5,70 | 171,66   |
| 88 | 5,85 | 161,28   |
| 91 | 6,00 | 150,86   |

Combinazione n° 11 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,15 | 163,94   |
| 7  | 0,30 | 337,15   |
| 10 | 0,45 | 464,77   |
| 13 | 0,60 | 587,75   |
| 16 | 0,75 | 669,16   |
| 19 | 0,90 | 732,73   |
| 22 | 1,05 | 952,02   |
| 25 | 1,20 | 985,13   |
| 28 | 1,35 | 914,55   |
| 1  | 1,50 | -1179,97 |
| 4  | 1,65 | -1034,93 |
| 7  | 1,80 | -897,01  |
| 10 | 1,95 | -767,34  |
| 13 | 2,10 | -1394,79 |
| 16 | 2,25 | -1156,35 |
| 19 | 2,40 | -940,01  |
| 22 | 2,55 | -745,96  |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | P       |
|----|------|---------|
|    | [m]  | [kg/mq] |
| 25 | 2,70 | -573,87 |
| 28 | 2,85 | -423,02 |
| 31 | 3,00 | -292,38 |
| 34 | 3,15 | -180,69 |
| 37 | 3,30 | -86,55  |
| 40 | 3,45 | -8,44   |
| 43 | 3,60 | 55,19   |
| 46 | 3,75 | 105,91  |
| 49 | 3,90 | 145,25  |
| 52 | 4,05 | 174,69  |
| 55 | 4,20 | 195,63  |
| 58 | 4,35 | 209,39  |
| 61 | 4,50 | 217,17  |
| 64 | 4,65 | 220,07  |
| 67 | 4,80 | 219,07  |
| 70 | 4,95 | 215,04  |
| 73 | 5,10 | 208,72  |
| 76 | 5,25 | 200,76  |
| 79 | 5,40 | 191,66  |
| 82 | 5,55 | 181,86  |
| 85 | 5,70 | 171,66  |
| 88 | 5,85 | 161,28  |
| 91 | 6,00 | 150,86  |

Combinazione n° 12 - SLD

| n° | Y    | P        |
|----|------|----------|
|    | [m]  | [kg/mq]  |
| 1  | 0,00 | 0,00     |
| 4  | 0,15 | 179,68   |
| 7  | 0,30 | 368,62   |
| 10 | 0,45 | 511,97   |
| 13 | 0,60 | 650,69   |
| 16 | 0,75 | 747,84   |
| 19 | 0,90 | 827,14   |
| 22 | 1,05 | 1062,17  |
| 25 | 1,20 | 1111,01  |
| 28 | 1,35 | 1056,17  |
| 1  | 1,50 | -1323,90 |
| 4  | 1,65 | -1161,39 |
| 7  | 1,80 | -1006,81 |
| 10 | 1,95 | -861,46  |
| 13 | 2,10 | -1566,25 |
| 16 | 2,25 | -1298,87 |
| 19 | 2,40 | -1056,23 |
| 22 | 2,55 | -838,55  |
| 25 | 2,70 | -645,46  |
| 28 | 2,85 | -476,17  |
| 31 | 3,00 | -329,54  |
| 34 | 3,15 | -204,15  |
| 37 | 3,30 | -98,44   |
| 40 | 3,45 | -10,70   |
| 43 | 3,60 | 60,80    |
| 46 | 3,75 | 117,82   |
| 49 | 3,90 | 162,07   |
| 52 | 4,05 | 195,21   |
| 55 | 4,20 | 218,82   |
| 58 | 4,35 | 234,36   |
| 61 | 4,50 | 243,19   |
| 64 | 4,65 | 246,55   |
| 67 | 4,80 | 245,52   |
| 70 | 4,95 | 241,09   |
| 73 | 5,10 | 234,09   |
| 76 | 5,25 | 225,24   |
| 79 | 5,40 | 215,12   |
| 82 | 5,55 | 204,20   |
| 85 | 5,70 | 192,84   |
| 88 | 5,85 | 181,29   |
| 91 | 6,00 | 169,67   |



## FORZE AGENTI SULLA PARATIA

### L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 30 elementi fuori terra e 90 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

|   |      |     |
|---|------|-----|
| Altezza fuori terra della paratia       | 1,50 | [m] |
| Profondità di infissione                | 4,50 | [m] |
| Altezza totale di calcolo della paratia | 6,00 | [m] |

### Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

#### Simbologia adottata

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della Combinazione/Fase                    |
| Tipo | Tipo della Combinazione/Fase                      |
| Pa   | Spinta attiva, espressa in [kg]                   |
| Is   | Incremento sismico della spinta, espressa in [kg] |
| Pw   | Spinta della falda, espressa in [kg]              |
| Pp   | Resistenza passiva, espressa in [kg]              |
| Pc   | Controspinta, espressa in [kg]                    |

| n° | Tipo              | Pa   | Y <sub>Pa</sub> | Is   | Y <sub>Is</sub> | Pw   | Y <sub>Pw</sub> | Pp    | Y <sub>Pp</sub> | Pc   | Y <sub>Pc</sub> |
|----|-------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|
|    |                   | [kg] | [m]             | [kg] | [m]             | [kg] | [m]             | [kg]  | [m]             | [kg] | [m]             |
| 1  | SLU - STR         | 1224 | 0,94            | --   | --              | --   | --              | -1800 | 2,19            | 576  | 4,83            |
| 2  | SLU - STR         | 1224 | 0,94            | --   | --              | --   | --              | -1800 | 2,19            | 576  | 4,83            |
| 3  | SLU - GEO         | 1118 | 0,93            | --   | --              | --   | --              | -1652 | 2,19            | 533  | 4,83            |
| 4  | SLU - GEO         | 1118 | 0,93            | --   | --              | --   | --              | -1652 | 2,19            | 533  | 4,83            |
| 5  | SLV - GEO         | 1118 | 0,93            | 324  | 1,00            | --   | --              | -2121 | 2,19            | 679  | 4,83            |
| 6  | SLE - Rara        | 941  | 0,95            | --   | --              | --   | --              | -1384 | 2,19            | 443  | 4,83            |
| 7  | SLE - Frequente   | 941  | 0,95            | --   | --              | --   | --              | -1384 | 2,19            | 443  | 4,83            |
| 8  | SLE - Quasi perm. | 941  | 0,95            | --   | --              | --   | --              | -1384 | 2,19            | 443  | 4,83            |
| 9  | SLE - Rara        | 941  | 0,95            | --   | --              | --   | --              | -1384 | 2,19            | 443  | 4,83            |
| 10 | SLE - Frequente   | 941  | 0,95            | --   | --              | --   | --              | -1384 | 2,19            | 443  | 4,83            |
| 11 | SLE - Quasi perm. | 941  | 0,95            | --   | --              | --   | --              | -1384 | 2,19            | 443  | 4,83            |
| 12 | SLD               | 941  | 0,95            | 118  | 1,00            | --   | --              | -1555 | 2,19            | 496  | 4,84            |

#### Simbologia adottata

|      |  |
|------|--|
| n°   | Indice della Combinazione/Fase   |
| Tipo | Tipo della Combinazione/Fase   |
| Rc   | Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]                           |
| Rt   | Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg] |
| Rv   | Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]                          |
| Rp   | Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]                          |

| n° | Tipo                   | Rc   | Y <sub>Rc</sub> | Rt   | Y <sub>Rt</sub> | Rv   | Y <sub>Rv</sub> | Rp   | Y <sub>Rp</sub> |
|----|------------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|
|    |                        | [kg] | [m]             | [kg] | [m]             | [kg] | [m]             | [kg] | [m]             |
| 1  | SLU - STR              | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 2  | SLU - STR              | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 3  | SLU - GEO              | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 4  | SLU - GEO              | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 5  | SLV - GEO              | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 6  | SLE - Rara             | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 7  | SLE - Frequente        | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 8  | SLE - Quasi permanente | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 9  | SLE - Rara             | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 10 | SLE - Frequente        | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 11 | SLE - Quasi permanente | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |
| 12 | SLD                    | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            | 0    | 0,00            |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

Simbologia adottata

|                    |  |
|--------------------|--|
| n°                 | Indice della Combinazione/Fase   |
| Tipo               | Tipo della Combinazione/Fase   |
| P <sub>NUL</sub>   | Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]  |
| P <sub>INV</sub>   | Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]   |
| C <sub>ROT</sub>   | Punto Centro di rotazione, espresso in [m]   |
| MP                 | Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]   |
| R/R <sub>MAX</sub> | Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%] |
| Pp                 | Portanza di punta, espressa in [kg]  |

| n° | Tipo                   | P <sub>NUL</sub><br>[m] | P <sub>INV</sub><br>[m] | C <sub>ROT</sub><br>[m] | MP<br>[%] | R/R <sub>MAX</sub><br>[%] | Pp<br>[m] |
|----|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| 1  | SLU - STR              | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,22                      | 47009     |
| 2  | SLU - STR              | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,21                      | 47009     |
| 3  | SLU - GEO              | 1,50                    | 2,05                    | 3,46                    | 0,00      | 0,38                      | 24303     |
| 4  | SLU - GEO              | 1,50                    | 2,05                    | 3,46                    | 0,00      | 0,38                      | 24303     |
| 5  | SLV - GEO              | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,48                      | 47009     |
| 6  | SLE - Rara             | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,21                      | 47009     |
| 7  | SLE - Frequente        | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,21                      | 47009     |
| 8  | SLE - Quasi permanente | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,21                      | 47009     |
| 9  | SLE - Rara             | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,21                      | 47009     |
| 10 | SLE - Frequente        | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,21                      | 47009     |
| 11 | SLE - Quasi permanente | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,21                      | 47009     |
| 12 | SLD                    | 1,50                    | 2,05                    | 3,47                    | 0,00      | 0,24                      | 47009     |

VALORI MASSIMI E MINIMI SOLLECITAZIONI PER METRO DI PARATIA

Simbologia adottata

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della combinazione/fase  |
| Tipo | Tipo della combinazione/fase  |
| Y    | ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]                  |
| M    | momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]                        |
| N    | sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione) |
| T    | taglio massimo e minimo espresso in [kg]                                    |

| n° | Tipo                   | M<br>[kgm] | Y <sub>M</sub><br>[m] | T<br>[kg] | Y <sub>T</sub><br>[m] | N<br>[kg] | Y <sub>N</sub><br>[m] |     |
|----|------------------------|------------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----|
| 1  | SLU - STR              | 1229       | 2,35                  | 1224      | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -576      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 2  | SLU - STR              | 1229       | 2,35                  | 1224      | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -576      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 3  | SLU - GEO              | 1139       | 2,35                  | 1118      | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -533      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 4  | SLU - GEO              | 1139       | 2,35                  | 1118      | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -533      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 5  | SLV - GEO              | 1449       | 2,35                  | 1442      | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -679      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 6  | SLE - Rara             | 945        | 2,35                  | 941       | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -443      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 7  | SLE - Frequente        | 945        | 2,35                  | 941       | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -443      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 8  | SLE - Quasi permanente | 945        | 2,35                  | 941       | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -443      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 9  | SLE - Rara             | 945        | 2,35                  | 941       | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -443      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 10 | SLE - Frequente        | 945        | 2,35                  | 941       | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -443      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 11 | SLE - Quasi permanente | 945        | 2,35                  | 941       | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -443      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |
| 12 | SLD                    | 1058       | 2,35                  | 1059      | 1,50                  | 2035      | 6,00                  | MAX |
|    |                        | 0          | 0,00                  | -496      | 3,45                  | 0         | 0,00                  | MIN |



## SOLLECITAZIONI PER METRO DI PARATIA

### Simbologia adottata

|   |   |
|---|---|
| Y | ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]                  |
| M | momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]                        |
| N | sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione) |
| T | taglio massimo e minimo espresso in [kg]                                    |

### Combinazione n° 1 - SLU - STR

| n°  | Y<br>[m] | M<br>[kgm] | N<br>[kg] | T<br>[kg] |
|-----|----------|------------|-----------|-----------|
| 1   | 0,00     | 0          | 0         | 0         |
| 4   | 0,15     | 1          | 94        | 16        |
| 7   | 0,30     | 7          | 187       | 66        |
| 10  | 0,45     | 22         | 281       | 144       |
| 13  | 0,60     | 51         | 375       | 246       |
| 16  | 0,75     | 97         | 469       | 370       |
| 19  | 0,90     | 163        | 562       | 507       |
| 22  | 1,05     | 251        | 750       | 672       |
| 25  | 1,20     | 366        | 938       | 864       |
| 28  | 1,35     | 510        | 1125      | 1050      |
| 31  | 1,50     | 680        | 1313      | 1224      |
| 34  | 1,60     | 795        | 1329      | 1041      |
| 37  | 1,75     | 941        | 1353      | 849       |
| 40  | 1,90     | 1060       | 1377      | 682       |
| 43  | 2,05     | 1154       | 1401      | 462       |
| 46  | 2,20     | 1209       | 1425      | 205       |
| 49  | 2,35     | 1229       | 1449      | -6        |
| 52  | 2,50     | 1219       | 1473      | -176      |
| 55  | 2,65     | 1186       | 1497      | -310      |
| 58  | 2,80     | 1134       | 1521      | -412      |
| 61  | 2,95     | 1068       | 1545      | -486      |
| 64  | 3,10     | 993        | 1569      | -535      |
| 67  | 3,25     | 911        | 1593      | -564      |
| 70  | 3,40     | 825        | 1618      | -576      |
| 73  | 3,55     | 739        | 1642      | -573      |
| 76  | 3,70     | 654        | 1666      | -559      |
| 79  | 3,85     | 571        | 1690      | -535      |
| 82  | 4,00     | 492        | 1714      | -505      |
| 85  | 4,15     | 418        | 1738      | -469      |
| 88  | 4,30     | 350        | 1762      | -430      |
| 91  | 4,45     | 287        | 1786      | -389      |
| 94  | 4,60     | 231        | 1810      | -346      |
| 97  | 4,75     | 181        | 1834      | -303      |
| 100 | 4,90     | 138        | 1858      | -260      |
| 103 | 5,05     | 101        | 1883      | -219      |
| 106 | 5,20     | 70         | 1907      | -179      |
| 109 | 5,35     | 46         | 1931      | -140      |
| 112 | 5,50     | 26         | 1955      | -103      |
| 115 | 5,65     | 13         | 1979      | -68       |
| 118 | 5,80     | 4          | 2003      | -36       |
| 121 | 5,95     | 0          | 2027      | -5        |

### Combinazione n° 2 - SLU - STR

| n° | Y<br>[m] | M<br>[kgm] | N<br>[kg] | T<br>[kg] |
|----|----------|------------|-----------|-----------|
| 1  | 0,00     | 0          | 0         | 0         |
| 4  | 0,15     | 1          | 94        | 16        |
| 7  | 0,30     | 7          | 187       | 66        |
| 10 | 0,45     | 22         | 281       | 144       |
| 13 | 0,60     | 51         | 375       | 246       |
| 16 | 0,75     | 97         | 469       | 370       |
| 19 | 0,90     | 163        | 562       | 507       |
| 22 | 1,05     | 251        | 750       | 672       |
| 25 | 1,20     | 366        | 938       | 864       |
| 28 | 1,35     | 510        | 1125      | 1050      |
| 31 | 1,50     | 680        | 1313      | 1224      |
| 34 | 1,60     | 795        | 1329      | 1041      |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18

### PROGETTO ESECUTIVO

#### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 37  | 1,75 | 941   | 1353 | 849  |
| 40  | 1,90 | 1060  | 1377 | 682  |
| 43  | 2,05 | 1154  | 1401 | 462  |
| 46  | 2,20 | 1209  | 1425 | 205  |
| 49  | 2,35 | 1229  | 1449 | -6   |
| 52  | 2,50 | 1219  | 1473 | -176 |
| 55  | 2,65 | 1186  | 1497 | -310 |
| 58  | 2,80 | 1134  | 1521 | -412 |
| 61  | 2,95 | 1068  | 1545 | -486 |
| 64  | 3,10 | 993   | 1569 | -535 |
| 67  | 3,25 | 911   | 1593 | -564 |
| 70  | 3,40 | 825   | 1618 | -576 |
| 73  | 3,55 | 739   | 1642 | -573 |
| 76  | 3,70 | 654   | 1666 | -559 |
| 79  | 3,85 | 571   | 1690 | -535 |
| 82  | 4,00 | 492   | 1714 | -505 |
| 85  | 4,15 | 418   | 1738 | -469 |
| 88  | 4,30 | 350   | 1762 | -430 |
| 91  | 4,45 | 287   | 1786 | -389 |
| 94  | 4,60 | 231   | 1810 | -346 |
| 97  | 4,75 | 181   | 1834 | -303 |
| 100 | 4,90 | 138   | 1858 | -260 |
| 103 | 5,05 | 101   | 1883 | -219 |
| 106 | 5,20 | 70    | 1907 | -179 |
| 109 | 5,35 | 46    | 1931 | -140 |
| 112 | 5,50 | 26    | 1955 | -103 |
| 115 | 5,65 | 13    | 1979 | -68  |
| 118 | 5,80 | 4     | 2003 | -36  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -5   |

#### Combinazione n° 3 - SLU - GEO

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1   | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4   | 0,15 | 1     | 94   | 20   |
| 7   | 0,30 | 8     | 188  | 75   |
| 10  | 0,45 | 25    | 281  | 151  |
| 13  | 0,60 | 54    | 375  | 244  |
| 16  | 0,75 | 99    | 469  | 355  |
| 19  | 0,90 | 162   | 563  | 483  |
| 22  | 1,05 | 244   | 750  | 624  |
| 25  | 1,20 | 351   | 938  | 797  |
| 28  | 1,35 | 483   | 1125 | 968  |
| 31  | 1,50 | 640   | 1313 | 1118 |
| 34  | 1,60 | 745   | 1329 | 951  |
| 37  | 1,75 | 878   | 1353 | 773  |
| 40  | 1,90 | 986   | 1377 | 620  |
| 43  | 2,05 | 1071  | 1401 | 417  |
| 46  | 2,20 | 1121  | 1425 | 182  |
| 49  | 2,35 | 1139  | 1449 | -12  |
| 52  | 2,50 | 1128  | 1473 | -169 |
| 55  | 2,65 | 1097  | 1497 | -291 |
| 58  | 2,80 | 1048  | 1521 | -385 |
| 61  | 2,95 | 987   | 1545 | -452 |
| 64  | 3,10 | 916   | 1569 | -497 |
| 67  | 3,25 | 840   | 1593 | -523 |
| 70  | 3,40 | 761   | 1618 | -533 |
| 73  | 3,55 | 681   | 1642 | -530 |
| 76  | 3,70 | 603   | 1666 | -516 |
| 79  | 3,85 | 526   | 1690 | -494 |
| 82  | 4,00 | 453   | 1714 | -466 |
| 85  | 4,15 | 385   | 1738 | -433 |
| 88  | 4,30 | 322   | 1762 | -396 |
| 91  | 4,45 | 264   | 1786 | -358 |
| 94  | 4,60 | 213   | 1810 | -319 |
| 97  | 4,75 | 167   | 1834 | -279 |
| 100 | 4,90 | 127   | 1858 | -240 |
| 103 | 5,05 | 93    | 1883 | -201 |
| 106 | 5,20 | 65    | 1907 | -164 |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18  
PROGETTO ESECUTIVO

### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 109 | 5,35 | 42    | 1931 | -129 |
| 112 | 5,50 | 24    | 1955 | -95  |
| 115 | 5,65 | 12    | 1979 | -63  |
| 118 | 5,80 | 4     | 2003 | -33  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |

#### Combinazione n° 4 - SLU - GEO

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1   | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4   | 0,15 | 1     | 94   | 20   |
| 7   | 0,30 | 8     | 188  | 75   |
| 10  | 0,45 | 25    | 281  | 151  |
| 13  | 0,60 | 54    | 375  | 244  |
| 16  | 0,75 | 99    | 469  | 355  |
| 19  | 0,90 | 162   | 563  | 483  |
| 22  | 1,05 | 244   | 750  | 624  |
| 25  | 1,20 | 351   | 938  | 797  |
| 28  | 1,35 | 483   | 1125 | 968  |
| 31  | 1,50 | 640   | 1313 | 1118 |
| 34  | 1,60 | 745   | 1329 | 951  |
| 37  | 1,75 | 878   | 1353 | 773  |
| 40  | 1,90 | 986   | 1377 | 620  |
| 43  | 2,05 | 1071  | 1401 | 417  |
| 46  | 2,20 | 1121  | 1425 | 182  |
| 49  | 2,35 | 1139  | 1449 | -12  |
| 52  | 2,50 | 1128  | 1473 | -169 |
| 55  | 2,65 | 1097  | 1497 | -291 |
| 58  | 2,80 | 1048  | 1521 | -385 |
| 61  | 2,95 | 987   | 1545 | -452 |
| 64  | 3,10 | 916   | 1569 | -497 |
| 67  | 3,25 | 840   | 1593 | -523 |
| 70  | 3,40 | 761   | 1618 | -533 |
| 73  | 3,55 | 681   | 1642 | -530 |
| 76  | 3,70 | 603   | 1666 | -516 |
| 79  | 3,85 | 526   | 1690 | -494 |
| 82  | 4,00 | 453   | 1714 | -466 |
| 85  | 4,15 | 385   | 1738 | -433 |
| 88  | 4,30 | 322   | 1762 | -396 |
| 91  | 4,45 | 264   | 1786 | -358 |
| 94  | 4,60 | 213   | 1810 | -319 |
| 97  | 4,75 | 167   | 1834 | -279 |
| 100 | 4,90 | 127   | 1858 | -240 |
| 103 | 5,05 | 93    | 1883 | -201 |
| 106 | 5,20 | 65    | 1907 | -164 |
| 109 | 5,35 | 42    | 1931 | -129 |
| 112 | 5,50 | 24    | 1955 | -95  |
| 115 | 5,65 | 12    | 1979 | -63  |
| 118 | 5,80 | 4     | 2003 | -33  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |

#### Combinazione n° 5 - SLV - GEO

| n° | Y    | M     | N    | T    |
|----|------|-------|------|------|
|    | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1  | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4  | 0,15 | 1     | 94   | 23   |
| 7  | 0,30 | 9     | 187  | 88   |
| 10 | 0,45 | 29    | 281  | 180  |
| 13 | 0,60 | 65    | 375  | 296  |
| 16 | 0,75 | 119   | 469  | 436  |
| 19 | 0,90 | 197   | 563  | 599  |
| 22 | 1,05 | 300   | 750  | 782  |
| 25 | 1,20 | 433   | 938  | 1004 |
| 28 | 1,35 | 601   | 1125 | 1230 |
| 31 | 1,50 | 802   | 1313 | 1442 |
| 34 | 1,60 | 937   | 1329 | 1227 |
| 37 | 1,75 | 1109  | 1353 | 1000 |
| 40 | 1,90 | 1249  | 1377 | 804  |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18

### PROGETTO ESECUTIVO

#### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 43  | 2,05 | 1360  | 1401 | 544  |
| 46  | 2,20 | 1425  | 1425 | 242  |
| 49  | 2,35 | 1449  | 1449 | -7   |
| 52  | 2,50 | 1437  | 1473 | -208 |
| 55  | 2,65 | 1398  | 1497 | -366 |
| 58  | 2,80 | 1336  | 1521 | -486 |
| 61  | 2,95 | 1259  | 1545 | -572 |
| 64  | 3,10 | 1170  | 1569 | -631 |
| 67  | 3,25 | 1073  | 1593 | -665 |
| 70  | 3,40 | 973   | 1618 | -678 |
| 73  | 3,55 | 871   | 1642 | -675 |
| 76  | 3,70 | 770   | 1666 | -658 |
| 79  | 3,85 | 673   | 1690 | -631 |
| 82  | 4,00 | 580   | 1714 | -595 |
| 85  | 4,15 | 493   | 1738 | -553 |
| 88  | 4,30 | 412   | 1762 | -507 |
| 91  | 4,45 | 339   | 1786 | -458 |
| 94  | 4,60 | 272   | 1810 | -408 |
| 97  | 4,75 | 214   | 1834 | -357 |
| 100 | 4,90 | 163   | 1858 | -307 |
| 103 | 5,05 | 119   | 1883 | -258 |
| 106 | 5,20 | 83    | 1907 | -211 |
| 109 | 5,35 | 54    | 1931 | -165 |
| 112 | 5,50 | 31    | 1955 | -122 |
| 115 | 5,65 | 15    | 1979 | -81  |
| 118 | 5,80 | 5     | 2003 | -42  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -6   |

#### Combinazione n° 6 - SLE - Rara

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1   | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4   | 0,15 | 1     | 94   | 12   |
| 7   | 0,30 | 5     | 187  | 50   |
| 10  | 0,45 | 17    | 281  | 110  |
| 13  | 0,60 | 39    | 375  | 189  |
| 16  | 0,75 | 74    | 469  | 284  |
| 19  | 0,90 | 125   | 562  | 389  |
| 22  | 1,05 | 192   | 750  | 516  |
| 25  | 1,20 | 281   | 937  | 665  |
| 28  | 1,35 | 391   | 1125 | 807  |
| 31  | 1,50 | 522   | 1313 | 941  |
| 34  | 1,60 | 611   | 1329 | 801  |
| 37  | 1,75 | 723   | 1353 | 653  |
| 40  | 1,90 | 814   | 1377 | 525  |
| 43  | 2,05 | 887   | 1401 | 355  |
| 46  | 2,20 | 930   | 1425 | 158  |
| 49  | 2,35 | 945   | 1449 | -4   |
| 52  | 2,50 | 937   | 1473 | -135 |
| 55  | 2,65 | 912   | 1497 | -238 |
| 58  | 2,80 | 872   | 1521 | -316 |
| 61  | 2,95 | 821   | 1545 | -373 |
| 64  | 3,10 | 763   | 1569 | -411 |
| 67  | 3,25 | 700   | 1593 | -433 |
| 70  | 3,40 | 635   | 1618 | -442 |
| 73  | 3,55 | 568   | 1642 | -440 |
| 76  | 3,70 | 503   | 1666 | -429 |
| 79  | 3,85 | 439   | 1690 | -411 |
| 82  | 4,00 | 378   | 1714 | -388 |
| 85  | 4,15 | 322   | 1738 | -361 |
| 88  | 4,30 | 269   | 1762 | -331 |
| 91  | 4,45 | 221   | 1786 | -299 |
| 94  | 4,60 | 178   | 1810 | -266 |
| 97  | 4,75 | 140   | 1834 | -233 |
| 100 | 4,90 | 106   | 1858 | -200 |
| 103 | 5,05 | 78    | 1883 | -168 |
| 106 | 5,20 | 54    | 1907 | -137 |
| 109 | 5,35 | 35    | 1931 | -108 |
| 112 | 5,50 | 20    | 1955 | -79  |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 115 | 5,65 | 10    | 1979 | -53  |
| 118 | 5,80 | 3     | 2003 | -27  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |

Combinazione n° 7 - SLE - Frequente

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1   | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4   | 0,15 | 1     | 94   | 12   |
| 7   | 0,30 | 5     | 187  | 50   |
| 10  | 0,45 | 17    | 281  | 110  |
| 13  | 0,60 | 39    | 375  | 189  |
| 16  | 0,75 | 74    | 469  | 284  |
| 19  | 0,90 | 125   | 562  | 389  |
| 22  | 1,05 | 192   | 750  | 516  |
| 25  | 1,20 | 281   | 937  | 665  |
| 28  | 1,35 | 391   | 1125 | 807  |
| 31  | 1,50 | 522   | 1313 | 941  |
| 34  | 1,60 | 611   | 1329 | 801  |
| 37  | 1,75 | 723   | 1353 | 653  |
| 40  | 1,90 | 814   | 1377 | 525  |
| 43  | 2,05 | 887   | 1401 | 355  |
| 46  | 2,20 | 930   | 1425 | 158  |
| 49  | 2,35 | 945   | 1449 | -4   |
| 52  | 2,50 | 937   | 1473 | -135 |
| 55  | 2,65 | 912   | 1497 | -238 |
| 58  | 2,80 | 872   | 1521 | -316 |
| 61  | 2,95 | 821   | 1545 | -373 |
| 64  | 3,10 | 763   | 1569 | -411 |
| 67  | 3,25 | 700   | 1593 | -433 |
| 70  | 3,40 | 635   | 1618 | -442 |
| 73  | 3,55 | 568   | 1642 | -440 |
| 76  | 3,70 | 503   | 1666 | -429 |
| 79  | 3,85 | 439   | 1690 | -411 |
| 82  | 4,00 | 378   | 1714 | -388 |
| 85  | 4,15 | 322   | 1738 | -361 |
| 88  | 4,30 | 269   | 1762 | -331 |
| 91  | 4,45 | 221   | 1786 | -299 |
| 94  | 4,60 | 178   | 1810 | -266 |
| 97  | 4,75 | 140   | 1834 | -233 |
| 100 | 4,90 | 106   | 1858 | -200 |
| 103 | 5,05 | 78    | 1883 | -168 |
| 106 | 5,20 | 54    | 1907 | -137 |
| 109 | 5,35 | 35    | 1931 | -108 |
| 112 | 5,50 | 20    | 1955 | -79  |
| 115 | 5,65 | 10    | 1979 | -53  |
| 118 | 5,80 | 3     | 2003 | -27  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |

Combinazione n° 8 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | M     | N    | T    |
|----|------|-------|------|------|
|    | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1  | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4  | 0,15 | 1     | 94   | 12   |
| 7  | 0,30 | 5     | 187  | 50   |
| 10 | 0,45 | 17    | 281  | 110  |
| 13 | 0,60 | 39    | 375  | 189  |
| 16 | 0,75 | 74    | 469  | 284  |
| 19 | 0,90 | 125   | 562  | 389  |
| 22 | 1,05 | 192   | 750  | 516  |
| 25 | 1,20 | 281   | 937  | 665  |
| 28 | 1,35 | 391   | 1125 | 807  |
| 31 | 1,50 | 522   | 1313 | 941  |
| 34 | 1,60 | 611   | 1329 | 801  |
| 37 | 1,75 | 723   | 1353 | 653  |
| 40 | 1,90 | 814   | 1377 | 525  |
| 43 | 2,05 | 887   | 1401 | 355  |
| 46 | 2,20 | 930   | 1425 | 158  |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18  
PROGETTO ESECUTIVO

### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 49  | 2,35 | 945   | 1449 | -4   |
| 52  | 2,50 | 937   | 1473 | -135 |
| 55  | 2,65 | 912   | 1497 | -238 |
| 58  | 2,80 | 872   | 1521 | -316 |
| 61  | 2,95 | 821   | 1545 | -373 |
| 64  | 3,10 | 763   | 1569 | -411 |
| 67  | 3,25 | 700   | 1593 | -433 |
| 70  | 3,40 | 635   | 1618 | -442 |
| 73  | 3,55 | 568   | 1642 | -440 |
| 76  | 3,70 | 503   | 1666 | -429 |
| 79  | 3,85 | 439   | 1690 | -411 |
| 82  | 4,00 | 378   | 1714 | -388 |
| 85  | 4,15 | 322   | 1738 | -361 |
| 88  | 4,30 | 269   | 1762 | -331 |
| 91  | 4,45 | 221   | 1786 | -299 |
| 94  | 4,60 | 178   | 1810 | -266 |
| 97  | 4,75 | 140   | 1834 | -233 |
| 100 | 4,90 | 106   | 1858 | -200 |
| 103 | 5,05 | 78    | 1883 | -168 |
| 106 | 5,20 | 54    | 1907 | -137 |
| 109 | 5,35 | 35    | 1931 | -108 |
| 112 | 5,50 | 20    | 1955 | -79  |
| 115 | 5,65 | 10    | 1979 | -53  |
| 118 | 5,80 | 3     | 2003 | -27  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |

#### Combinazione n° 9 - SLE - Rara

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1   | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4   | 0,15 | 1     | 94   | 12   |
| 7   | 0,30 | 5     | 187  | 50   |
| 10  | 0,45 | 17    | 281  | 110  |
| 13  | 0,60 | 39    | 375  | 189  |
| 16  | 0,75 | 74    | 469  | 284  |
| 19  | 0,90 | 125   | 562  | 389  |
| 22  | 1,05 | 192   | 750  | 516  |
| 25  | 1,20 | 281   | 937  | 665  |
| 28  | 1,35 | 391   | 1125 | 807  |
| 31  | 1,50 | 522   | 1313 | 941  |
| 34  | 1,60 | 611   | 1329 | 801  |
| 37  | 1,75 | 723   | 1353 | 653  |
| 40  | 1,90 | 814   | 1377 | 525  |
| 43  | 2,05 | 887   | 1401 | 355  |
| 46  | 2,20 | 930   | 1425 | 158  |
| 49  | 2,35 | 945   | 1449 | -4   |
| 52  | 2,50 | 937   | 1473 | -135 |
| 55  | 2,65 | 912   | 1497 | -238 |
| 58  | 2,80 | 872   | 1521 | -316 |
| 61  | 2,95 | 821   | 1545 | -373 |
| 64  | 3,10 | 763   | 1569 | -411 |
| 67  | 3,25 | 700   | 1593 | -433 |
| 70  | 3,40 | 635   | 1618 | -442 |
| 73  | 3,55 | 568   | 1642 | -440 |
| 76  | 3,70 | 503   | 1666 | -429 |
| 79  | 3,85 | 439   | 1690 | -411 |
| 82  | 4,00 | 378   | 1714 | -388 |
| 85  | 4,15 | 322   | 1738 | -361 |
| 88  | 4,30 | 269   | 1762 | -331 |
| 91  | 4,45 | 221   | 1786 | -299 |
| 94  | 4,60 | 178   | 1810 | -266 |
| 97  | 4,75 | 140   | 1834 | -233 |
| 100 | 4,90 | 106   | 1858 | -200 |
| 103 | 5,05 | 78    | 1883 | -168 |
| 106 | 5,20 | 54    | 1907 | -137 |
| 109 | 5,35 | 35    | 1931 | -108 |
| 112 | 5,50 | 20    | 1955 | -79  |
| 115 | 5,65 | 10    | 1979 | -53  |
| 118 | 5,80 | 3     | 2003 | -27  |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18  
PROGETTO ESECUTIVO

### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |

#### Combinazione n° 10 - SLE - Frequente

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1   | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4   | 0,15 | 1     | 94   | 12   |
| 7   | 0,30 | 5     | 187  | 50   |
| 10  | 0,45 | 17    | 281  | 110  |
| 13  | 0,60 | 39    | 375  | 189  |
| 16  | 0,75 | 74    | 469  | 284  |
| 19  | 0,90 | 125   | 562  | 389  |
| 22  | 1,05 | 192   | 750  | 516  |
| 25  | 1,20 | 281   | 937  | 665  |
| 28  | 1,35 | 391   | 1125 | 807  |
| 31  | 1,50 | 522   | 1313 | 941  |
| 34  | 1,60 | 611   | 1329 | 801  |
| 37  | 1,75 | 723   | 1353 | 653  |
| 40  | 1,90 | 814   | 1377 | 525  |
| 43  | 2,05 | 887   | 1401 | 355  |
| 46  | 2,20 | 930   | 1425 | 158  |
| 49  | 2,35 | 945   | 1449 | -4   |
| 52  | 2,50 | 937   | 1473 | -135 |
| 55  | 2,65 | 912   | 1497 | -238 |
| 58  | 2,80 | 872   | 1521 | -316 |
| 61  | 2,95 | 821   | 1545 | -373 |
| 64  | 3,10 | 763   | 1569 | -411 |
| 67  | 3,25 | 700   | 1593 | -433 |
| 70  | 3,40 | 635   | 1618 | -442 |
| 73  | 3,55 | 568   | 1642 | -440 |
| 76  | 3,70 | 503   | 1666 | -429 |
| 79  | 3,85 | 439   | 1690 | -411 |
| 82  | 4,00 | 378   | 1714 | -388 |
| 85  | 4,15 | 322   | 1738 | -361 |
| 88  | 4,30 | 269   | 1762 | -331 |
| 91  | 4,45 | 221   | 1786 | -299 |
| 94  | 4,60 | 178   | 1810 | -266 |
| 97  | 4,75 | 140   | 1834 | -233 |
| 100 | 4,90 | 106   | 1858 | -200 |
| 103 | 5,05 | 78    | 1883 | -168 |
| 106 | 5,20 | 54    | 1907 | -137 |
| 109 | 5,35 | 35    | 1931 | -108 |
| 112 | 5,50 | 20    | 1955 | -79  |
| 115 | 5,65 | 10    | 1979 | -53  |
| 118 | 5,80 | 3     | 2003 | -27  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |

#### Combinazione n° 11 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | M     | N    | T    |
|----|------|-------|------|------|
|    | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1  | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4  | 0,15 | 1     | 94   | 12   |
| 7  | 0,30 | 5     | 187  | 50   |
| 10 | 0,45 | 17    | 281  | 110  |
| 13 | 0,60 | 39    | 375  | 189  |
| 16 | 0,75 | 74    | 469  | 284  |
| 19 | 0,90 | 125   | 562  | 389  |
| 22 | 1,05 | 192   | 750  | 516  |
| 25 | 1,20 | 281   | 937  | 665  |
| 28 | 1,35 | 391   | 1125 | 807  |
| 31 | 1,50 | 522   | 1313 | 941  |
| 34 | 1,60 | 611   | 1329 | 801  |
| 37 | 1,75 | 723   | 1353 | 653  |
| 40 | 1,90 | 814   | 1377 | 525  |
| 43 | 2,05 | 887   | 1401 | 355  |
| 46 | 2,20 | 930   | 1425 | 158  |
| 49 | 2,35 | 945   | 1449 | -4   |
| 52 | 2,50 | 937   | 1473 | -135 |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18

### PROGETTO ESECUTIVO

#### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 55  | 2,65 | 912   | 1497 | -238 |
| 58  | 2,80 | 872   | 1521 | -316 |
| 61  | 2,95 | 821   | 1545 | -373 |
| 64  | 3,10 | 763   | 1569 | -411 |
| 67  | 3,25 | 700   | 1593 | -433 |
| 70  | 3,40 | 635   | 1618 | -442 |
| 73  | 3,55 | 568   | 1642 | -440 |
| 76  | 3,70 | 503   | 1666 | -429 |
| 79  | 3,85 | 439   | 1690 | -411 |
| 82  | 4,00 | 378   | 1714 | -388 |
| 85  | 4,15 | 322   | 1738 | -361 |
| 88  | 4,30 | 269   | 1762 | -331 |
| 91  | 4,45 | 221   | 1786 | -299 |
| 94  | 4,60 | 178   | 1810 | -266 |
| 97  | 4,75 | 140   | 1834 | -233 |
| 100 | 4,90 | 106   | 1858 | -200 |
| 103 | 5,05 | 78    | 1883 | -168 |
| 106 | 5,20 | 54    | 1907 | -137 |
| 109 | 5,35 | 35    | 1931 | -108 |
| 112 | 5,50 | 20    | 1955 | -79  |
| 115 | 5,65 | 10    | 1979 | -53  |
| 118 | 5,80 | 3     | 2003 | -27  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |

#### Combinazione n° 12 - SLD

| n°  | Y    | M     | N    | T    |
|-----|------|-------|------|------|
|     | [m]  | [kgm] | [kg] | [kg] |
| 1   | 0,00 | 0     | 0    | 0    |
| 4   | 0,15 | 1     | 94   | 13   |
| 7   | 0,30 | 5     | 187  | 54   |
| 10  | 0,45 | 18    | 281  | 121  |
| 13  | 0,60 | 43    | 375  | 208  |
| 16  | 0,75 | 82    | 469  | 313  |
| 19  | 0,90 | 137   | 562  | 431  |
| 22  | 1,05 | 212   | 750  | 573  |
| 25  | 1,20 | 311   | 938  | 741  |
| 28  | 1,35 | 434   | 1125 | 903  |
| 31  | 1,50 | 581   | 1312 | 1059 |
| 34  | 1,60 | 681   | 1329 | 902  |
| 37  | 1,75 | 808   | 1353 | 736  |
| 40  | 1,90 | 910   | 1377 | 592  |
| 43  | 2,05 | 992   | 1401 | 402  |
| 46  | 2,20 | 1040  | 1425 | 180  |
| 49  | 2,35 | 1058  | 1449 | -2   |
| 52  | 2,50 | 1050  | 1473 | -149 |
| 55  | 2,65 | 1021  | 1497 | -265 |
| 58  | 2,80 | 977   | 1521 | -353 |
| 61  | 2,95 | 920   | 1545 | -417 |
| 64  | 3,10 | 856   | 1569 | -460 |
| 67  | 3,25 | 785   | 1593 | -485 |
| 70  | 3,40 | 712   | 1618 | -495 |
| 73  | 3,55 | 637   | 1642 | -493 |
| 76  | 3,70 | 564   | 1666 | -481 |
| 79  | 3,85 | 493   | 1690 | -461 |
| 82  | 4,00 | 425   | 1714 | -435 |
| 85  | 4,15 | 361   | 1738 | -404 |
| 88  | 4,30 | 302   | 1762 | -371 |
| 91  | 4,45 | 248   | 1786 | -335 |
| 94  | 4,60 | 200   | 1810 | -298 |
| 97  | 4,75 | 157   | 1834 | -261 |
| 100 | 4,90 | 119   | 1858 | -225 |
| 103 | 5,05 | 87    | 1883 | -189 |
| 106 | 5,20 | 61    | 1907 | -154 |
| 109 | 5,35 | 39    | 1931 | -121 |
| 112 | 5,50 | 23    | 1955 | -89  |
| 115 | 5,65 | 11    | 1979 | -59  |
| 118 | 5,80 | 3     | 2003 | -31  |
| 121 | 5,95 | 0     | 2027 | -4   |



## SPOSTAMENTI MASSIMI E MINIMI DELLA PARATIA

### Simbologia adottata

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della combinazione/fase  |
| Tipo | Tipo della combinazione/fase  |
| Y    | ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]        |
| U    | spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  |
| V    | spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso |

| n° | Tipo                   | U<br>[cm] | Y <sub>U</sub><br>[m] | V<br>[cm] | Y <sub>V</sub><br>[m] |     |
|----|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----|
| 1  | SLU - STR              | 0,3465    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0132   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 2  | SLU - STR              | 0,3465    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0132   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 3  | SLU - GEO              | 0,3200    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0122   | 4,65                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 4  | SLU - GEO              | 0,3200    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0122   | 4,65                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 5  | SLV - GEO              | 0,4084    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0156   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 6  | SLE - Rara             | 0,2664    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0102   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 7  | SLE - Frequente        | 0,2664    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0102   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 8  | SLE - Quasi permanente | 0,2664    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0102   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 9  | SLE - Rara             | 0,2664    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0102   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 10 | SLE - Frequente        | 0,2664    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0102   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 11 | SLE - Quasi permanente | 0,2664    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0102   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |
| 12 | SLD                    | 0,2986    | 0,00                  | 0,0037    | 0,00                  | MAX |
|    |                        | -0,0114   | 4,70                  | 0,0000    | 0,00                  | MIN |

## VERIFICA A SPOSTAMENTO

### Simbologia adottata

|      |  |
|------|--|
| n°   | Indice combinazione/Fase   |
| Tipo | Tipo combinazione/Fase   |
| Ulim | spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]                           |
| U    | spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle) |

| n° | Tipo                   | Ulim<br>[cm] | U<br>[cm] |
|----|------------------------|--------------|-----------|
| 1  | SLU - STR              | 3,0000       | 0,3465    |
| 2  | SLU - STR              | 3,0000       | 0,3465    |
| 3  | SLU - GEO              | 3,0000       | 0,3200    |
| 4  | SLU - GEO              | 3,0000       | 0,3200    |
| 5  | SLV - GEO              | 3,0000       | 0,4084    |
| 6  | SLE - Rara             | 3,0000       | 0,2664    |
| 7  | SLE - Frequente        | 3,0000       | 0,2664    |
| 8  | SLE - Quasi permanente | 3,0000       | 0,2664    |
| 9  | SLE - Rara             | 3,0000       | 0,2664    |
| 10 | SLE - Frequente        | 3,0000       | 0,2664    |
| 11 | SLE - Quasi permanente | 3,0000       | 0,2664    |
| 12 | SLD                    | 3,0000       | 0,2986    |

Pertanto la verifica è soddisfatta.

**STABILITÀ GLOBALE**

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 100

*Simbologia adottata*

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| n°                                 | Indice della combinazione/fase   |
| Tipo                               | Tipo della combinazione/fase   |
| (X <sub>C</sub> ; Y <sub>C</sub> ) | Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]       |
| R                                  | Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]                  |
| (X <sub>V</sub> ; Y <sub>V</sub> ) | Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m] |
| (X <sub>M</sub> ; Y <sub>M</sub> ) | Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m] |
| FS                                 | Coefficiente di sicurezza  |

| n° | Tipo      | X <sub>C</sub> , Y <sub>C</sub><br>[m] | R<br>[m] | X <sub>V</sub> , Y <sub>V</sub><br>[m] | X <sub>M</sub> , Y <sub>M</sub><br>[m] | FS    |
|----|-----------|--|----------|--|--|-------|
| 3  | SLU - GEO | 0,00; 5,40                             | 8,40     | -4,81; -1,49                           | 8,14; 3,33                             | 2.962 |
| 4  | SLU - GEO | 0,00; 5,40                             | 8,40     | -4,81; -1,49                           | 8,14; 3,33                             | 2.962 |
| 5  | SLV - GEO | 0,00; 5,40                             | 8,40     | -4,81; -1,49                           | 8,14; 3,33                             | 3.030 |

**Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo – Combinazione n° 3 – SLU – GEO**

Numero di strisce 52

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

|          |   |
|----------|---|
| N°       | numero d'ordine della striscia  |
| W        | peso della striscia espresso in [kg]  |
| $\alpha$ | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario) |
| $\phi$   | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia                                 |
| c        | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]       |
| b        | larghezza della striscia espressa in [m]  |
| L        | sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )                   |
| u        | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]           |
| Ctn, Ctt | contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]               |

**Caratteristiche delle strisce**

| N° | W<br>[kg] | $\alpha$<br>[°] | L<br>[m] | $\phi$<br>[°] | c<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | u<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | (Ctn; Ctt)<br>[kg] |
|----|-----------|-----------------|----------|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| 1  | 22,70     | -33.85          | 0,30     | 27.45         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 2  | 72,23     | -31.80          | 0,30     | 27.45         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 3  | 118,00    | -29.79          | 0,29     | 27.45         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 4  | 162,76    | -27.82          | 0,29     | 28.35         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 5  | 210,92    | -25.89          | 0,28     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 6  | 255,54    | -23.98          | 0,28     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 7  | 296,37    | -22.11          | 0,27     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 8  | 333,56    | -20.26          | 0,27     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 9  | 367,25    | -18.43          | 0,27     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 10 | 397,56    | -16.62          | 0,26     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 11 | 424,58    | -14.83          | 0,26     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 12 | 448,39    | -13.05          | 0,26     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 13 | 469,09    | -11.29          | 0,26     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 14 | 486,71    | -9.53           | 0,26     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 15 | 501,33    | -7.79           | 0,26     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 16 | 512,97    | -6.05           | 0,25     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 17 | 521,68    | -4.32           | 0,25     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |
| 18 | 527,47    | -2.59           | 0,25     | 29.26         | 0,120                      | 0,000                      | (0; 0)             |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| N° | W <sub>i</sub> | α     | L    | φ     | c        | u        | (C <sub>tn</sub> ; C <sub>tt</sub> ) |
|----|----------------|-------|------|-------|----------|----------|--------------------------------------|
|    | [kg]           | [°]   | [m]  | [°]   | [kg/cmq] | [kg/cmq] | [kg]                                 |
| 19 | 530,36         | -0.86 | 0,25 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 20 | 1028,96        | 0.81  | 0,24 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 21 | 1044,17        | 2.44  | 0,24 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 22 | 1063,66        | 4.07  | 0,24 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 23 | 1080,72        | 5.70  | 0,24 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 24 | 1095,32        | 7.33  | 0,24 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 25 | 1107,45        | 8.97  | 0,24 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 26 | 1117,08        | 10.62 | 0,24 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 27 | 1182,86        | 12.32 | 0,25 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 28 | 1203,56        | 14.06 | 0,26 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 29 | 1221,24        | 15.82 | 0,26 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 30 | 1235,83        | 17.59 | 0,26 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 31 | 1247,23        | 19.38 | 0,26 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 32 | 1255,35        | 21.20 | 0,27 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 33 | 1260,06        | 23.03 | 0,27 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 34 | 1261,24        | 24.89 | 0,27 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 35 | 1258,72        | 26.77 | 0,28 | 29.26 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 36 | 1255,10        | 28.69 | 0,28 | 28.35 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 37 | 1254,86        | 30.65 | 0,29 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 38 | 1263,09        | 32.64 | 0,30 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 39 | 1311,64        | 34.68 | 0,30 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 40 | 1360,51        | 36.78 | 0,31 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 41 | 1405,07        | 38.93 | 0,32 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 42 | 1444,93        | 41.15 | 0,33 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 43 | 1479,61        | 43.44 | 0,34 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 44 | 1508,51        | 45.83 | 0,36 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 45 | 1530,84        | 48.33 | 0,37 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 46 | 1545,61        | 50.95 | 0,40 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 47 | 1551,48        | 53.74 | 0,42 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 48 | 1546,53        | 56.72 | 0,45 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 49 | 1527,97        | 59.96 | 0,50 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 50 | 1491,25        | 63.57 | 0,56 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 51 | 1428,12        | 67.71 | 0,66 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |
| 52 | 1319,44        | 72.83 | 0,84 | 27.45 | 0,120    | 0,000    | (0; 0)                               |

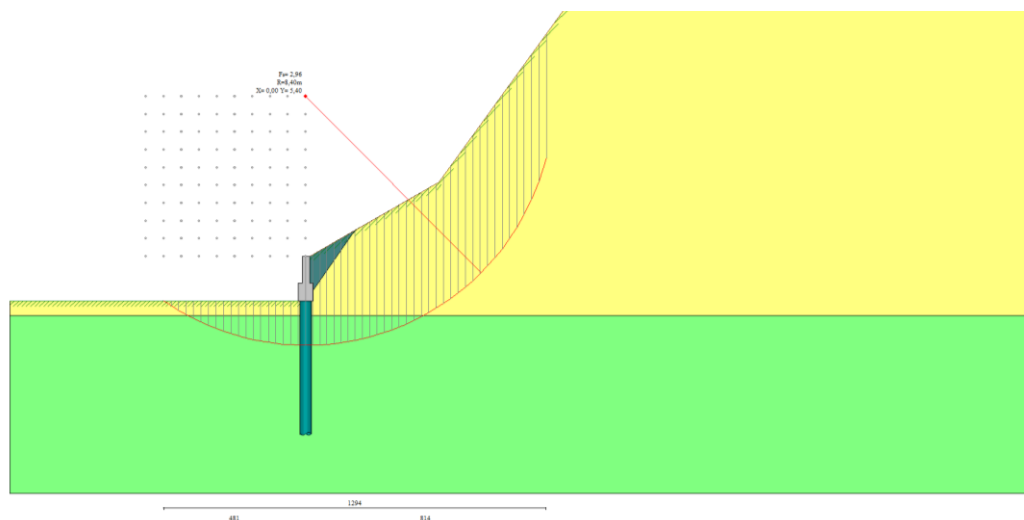
Resistenza a taglio paratia = 11853,02 [kg]

$\Sigma W_i = 49547,49$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 20602,11$  [kg]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 26783,63$  [kg]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 10.13$





## REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

**VERIFICA ARMATURA (VERIFICA A FLESSIONE)**

## Simbologia adottata

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della combinazione/fase  |
| Tipo | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y    | ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]                      |
| M    | momento flettente espresso in [kgm]   |
| N    | sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)                                    |
| Mu   | momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]   |
| Nu   | sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]   |
| FS   | fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio) |

Larghezza sezione muro: B = 100,00 cm

**Combinazione n°1 - SLU - STR**

| n° | Y    | H     | A <sub>ri</sub> | A <sub>rs</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS        |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|-------|------|----------------|----------------|-----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |           |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0     | 31   | 467            | 347922         | 11133.508 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 2     | 125  | 5126           | 335346         | 2682.767  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 10    | 219  | 12690          | 266763         | 1219.489  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 30    | 313  | 16500          | 171785         | 549.712   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 64    | 406  | 14094          | 88963          | 218.987   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 117   | 500  | 10742          | 46036          | 92.072    |

| n°  | Y    | A <sub>r</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS     |
|-----|------|----------------|-------|------|----------------|----------------|--------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |        |
| 19  | 0,90 | 10,05          | 318   | 1101 | 9477           | 32769          | 58.255 |
| 22  | 1,05 |                | 490   | 1467 | 7843           | 23465          | 15.991 |
| 25  | 1,20 |                | 716   | 1834 | 7401           | 18965          | 10.339 |
| 28  | 1,35 |                | 997   | 2201 | 7071           | 15612          | 7.093  |
| 31  | 1,50 |                | 1331  | 2568 | 6833           | 13186          | 5.135  |
| 34  | 1,60 |                | 1555  | 2599 | 6625           | 11072          | 4.259  |
| 37  | 1,75 |                | 1842  | 2646 | 6448           | 9266           | 3.501  |
| 40  | 1,90 |                | 2074  | 2694 | 6347           | 8244           | 3.061  |
| 43  | 2,05 |                | 2257  | 2741 | 6288           | 7635           | 2.786  |
| 46  | 2,20 |                | 2366  | 2788 | 6262           | 7378           | 2.646  |
| 49  | 2,35 |                | 2405  | 2835 | 6263           | 7382           | 2.604  |
| 52  | 2,50 |                | 2386  | 2882 | 6283           | 7590           | 2.633  |
| 55  | 2,65 |                | 2320  | 2929 | 6321           | 7980           | 2.724  |
| 58  | 2,80 |                | 2219  | 2976 | 6378           | 8556           | 2.875  |
| 61  | 2,95 |                | 2090  | 3023 | 6455           | 9338           | 3.088  |
| 64  | 3,10 |                | 1942  | 3071 | 6556           | 10365          | 3.375  |
| 67  | 3,25 |                | 1782  | 3118 | 6687           | 11700          | 3.753  |
| 70  | 3,40 |                | 1615  | 3165 | 6858           | 13440          | 4.247  |
| 73  | 3,55 |                | 1446  | 3212 | 7083           | 15734          | 4.898  |
| 76  | 3,70 |                | 1279  | 3259 | 7386           | 18821          | 5.775  |
| 79  | 3,85 |                | 1117  | 3306 | 7807           | 23103          | 6.988  |
| 82  | 4,00 |                | 963   | 3353 | 8227           | 28648          | 8.543  |
| 85  | 4,15 |                | 818   | 3400 | 8744           | 36337          | 10.686 |
| 88  | 4,30 |                | 684   | 3448 | 9366           | 47179          | 13.685 |
| 91  | 4,45 |                | 562   | 3495 | 9901           | 61545          | 17.611 |
| 94  | 4,60 |                | 452   | 3542 | 10070          | 78843          | 22.261 |
| 97  | 4,75 |                | 355   | 3589 | 9802           | 99085          | 27.608 |
| 100 | 4,90 |                | 270   | 3636 | 9086           | 122218         | 33.612 |
| 103 | 5,05 |                | 198   | 3683 | 7819           | 145474         | 39.497 |
| 106 | 5,20 |                | 138   | 3730 | 6153           | 166689         | 44.685 |
| 109 | 5,35 |                | 89    | 3777 | 4143           | 175701         | 46.513 |
| 112 | 5,50 |                | 52    | 3825 | 2422           | 179464         | 46.924 |
| 115 | 5,65 |                | 25    | 3872 | 1164           | 182212         | 47.063 |
| 118 | 5,80 |                | 8     | 3919 | 371            | 183947         | 46.939 |
| 121 | 5,95 |                | 0     | 3966 | 22             | 184708         | 46.574 |

**Combinazione n°2 - SLU - STR**

| n° | Y    | H     | A <sub>ri</sub> | A <sub>rs</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS        |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|-------|------|----------------|----------------|-----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |           |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0     | 31   | 467            | 347922         | 11133.508 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 2     | 125  | 5126           | 335346         | 2682.767  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 10    | 219  | 12690          | 266763         | 1219.489  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 30    | 313  | 16500          | 171785         | 549.712   |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18  
PROGETTO ESECUTIVO

### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | H     | A <sub>ri</sub> | A <sub>rs</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS      |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|-------|------|----------------|----------------|---------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |         |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 64    | 406  | 14094          | 88963          | 218.987 |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 117   | 500  | 10742          | 46036          | 92.072  |

| n°  | Y    | A <sub>r</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS     |
|-----|------|----------------|-------|------|----------------|----------------|--------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |        |
| 19  | 0,90 | 10,05          | 318   | 1101 | 9477           | 32769          | 58.255 |
| 22  | 1,05 |                | 490   | 1467 | 7843           | 23465          | 15.991 |
| 25  | 1,20 |                | 716   | 1834 | 7401           | 18965          | 10.339 |
| 28  | 1,35 |                | 997   | 2201 | 7071           | 15612          | 7.093  |
| 31  | 1,50 |                | 1331  | 2568 | 6833           | 13186          | 5.135  |
| 34  | 1,60 |                | 1555  | 2599 | 6625           | 11072          | 4.259  |
| 37  | 1,75 |                | 1842  | 2646 | 6448           | 9266           | 3.501  |
| 40  | 1,90 |                | 2074  | 2694 | 6347           | 8244           | 3.061  |
| 43  | 2,05 |                | 2257  | 2741 | 6288           | 7635           | 2.786  |
| 46  | 2,20 |                | 2366  | 2788 | 6262           | 7378           | 2.646  |
| 49  | 2,35 |                | 2405  | 2835 | 6263           | 7382           | 2.604  |
| 52  | 2,50 |                | 2386  | 2882 | 6283           | 7590           | 2.633  |
| 55  | 2,65 |                | 2320  | 2929 | 6321           | 7980           | 2.724  |
| 58  | 2,80 |                | 2219  | 2976 | 6378           | 8556           | 2.875  |
| 61  | 2,95 |                | 2090  | 3023 | 6455           | 9338           | 3.088  |
| 64  | 3,10 |                | 1942  | 3071 | 6556           | 10365          | 3.375  |
| 67  | 3,25 |                | 1782  | 3118 | 6687           | 11700          | 3.753  |
| 70  | 3,40 |                | 1615  | 3165 | 6858           | 13440          | 4.247  |
| 73  | 3,55 |                | 1446  | 3212 | 7083           | 15734          | 4.898  |
| 76  | 3,70 |                | 1279  | 3259 | 7386           | 18821          | 5.775  |
| 79  | 3,85 |                | 1117  | 3306 | 7807           | 23103          | 6.988  |
| 82  | 4,00 |                | 963   | 3353 | 8227           | 28648          | 8.543  |
| 85  | 4,15 |                | 818   | 3400 | 8744           | 36337          | 10.686 |
| 88  | 4,30 |                | 684   | 3448 | 9366           | 47179          | 13.685 |
| 91  | 4,45 |                | 562   | 3495 | 9901           | 61545          | 17.611 |
| 94  | 4,60 |                | 452   | 3542 | 10070          | 78843          | 22.261 |
| 97  | 4,75 |                | 355   | 3589 | 9802           | 99085          | 27.608 |
| 100 | 4,90 |                | 270   | 3636 | 9086           | 122218         | 33.612 |
| 103 | 5,05 |                | 198   | 3683 | 7819           | 145474         | 39.497 |
| 106 | 5,20 |                | 138   | 3730 | 6153           | 166689         | 44.685 |
| 109 | 5,35 |                | 89    | 3777 | 4143           | 175701         | 46.513 |
| 112 | 5,50 |                | 52    | 3825 | 2422           | 179464         | 46.924 |
| 115 | 5,65 |                | 25    | 3872 | 1164           | 182212         | 47.063 |
| 118 | 5,80 |                | 8     | 3919 | 371            | 183947         | 46.939 |
| 121 | 5,95 |                | 0     | 3966 | 22             | 184708         | 46.574 |

### Combinazione n°3 - SLU - GEO

| n° | Y    | H     | A <sub>ri</sub> | A <sub>rs</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS        |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|-------|------|----------------|----------------|-----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |           |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0     | 31   | 648            | 347434         | 11117.879 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 2     | 125  | 6540           | 331530         | 2652.237  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 12    | 219  | 13788          | 245733         | 1123.349  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 33    | 312  | 16633          | 157756         | 504.820   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 67    | 406  | 13657          | 82562          | 203.230   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 118   | 500  | 10682          | 45408          | 90.816    |

| n° | Y    | A <sub>r</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS     |
|----|------|----------------|-------|------|----------------|----------------|--------|
|    | [m]  | [cmq]          | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |        |
| 19 | 0,90 | 10,05          | 316   | 1101 | 9510           | 33105          | 58.853 |
| 22 | 1,05 |                | 478   | 1467 | 7929           | 24344          | 16.590 |
| 25 | 1,20 |                | 686   | 1834 | 7511           | 20086          | 10.951 |
| 28 | 1,35 |                | 945   | 2201 | 7180           | 16717          | 7.595  |
| 31 | 1,50 |                | 1252  | 2568 | 6935           | 14227          | 5.540  |
| 34 | 1,60 |                | 1457  | 2599 | 6714           | 11978          | 4.608  |
| 37 | 1,75 |                | 1718  | 2646 | 6525           | 10050          | 3.798  |
| 40 | 1,90 |                | 1930  | 2694 | 6418           | 8959           | 3.326  |
| 43 | 2,05 |                | 2096  | 2741 | 6354           | 8309           | 3.032  |
| 46 | 2,20 |                | 2194  | 2788 | 6327           | 8039           | 2.884  |
| 49 | 2,35 |                | 2228  | 2835 | 6329           | 8054           | 2.841  |
| 52 | 2,50 |                | 2208  | 2882 | 6352           | 8292           | 2.877  |
| 55 | 2,65 |                | 2146  | 2929 | 6395           | 8730           | 2.980  |
| 58 | 2,80 |                | 2050  | 2976 | 6458           | 9375           | 3.150  |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS     |
|-----|------|----------------|-------|------|----------------|----------------|--------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |        |
| 61  | 2,95 |                | 1930  | 3023 | 6544           | 10250          | 3.390  |
| 64  | 3,10 |                | 1793  | 3071 | 6657           | 11401          | 3.713  |
| 67  | 3,25 |                | 1644  | 3118 | 6805           | 12903          | 4.139  |
| 70  | 3,40 |                | 1490  | 3165 | 6998           | 14869          | 4.698  |
| 73  | 3,55 |                | 1333  | 3212 | 7254           | 17477          | 5.441  |
| 76  | 3,70 |                | 1179  | 3259 | 7602           | 21018          | 6.449  |
| 79  | 3,85 |                | 1029  | 3306 | 8037           | 25815          | 7.808  |
| 82  | 4,00 |                | 887   | 3353 | 8449           | 31946          | 9.527  |
| 85  | 4,15 |                | 753   | 3400 | 8992           | 40590          | 11.937 |
| 88  | 4,30 |                | 630   | 3448 | 9595           | 52524          | 15.235 |
| 91  | 4,45 |                | 517   | 3495 | 9998           | 67562          | 19.333 |
| 94  | 4,60 |                | 416   | 3542 | 10031          | 85415          | 24.116 |
| 97  | 4,75 |                | 326   | 3589 | 9632           | 105939         | 29.518 |
| 100 | 4,90 |                | 248   | 3636 | 8781           | 128579         | 35.362 |
| 103 | 5,05 |                | 182   | 3683 | 7445           | 150840         | 40.954 |
| 106 | 5,20 |                | 126   | 3730 | 5786           | 170770         | 45.779 |
| 109 | 5,35 |                | 82    | 3777 | 3817           | 176415         | 46.702 |
| 112 | 5,50 |                | 47    | 3825 | 2226           | 179892         | 47.036 |
| 115 | 5,65 |                | 23    | 3872 | 1068           | 182422         | 47.117 |
| 118 | 5,80 |                | 7     | 3919 | 340            | 184015         | 46.957 |
| 121 | 5,95 |                | 0     | 3966 | 20             | 184712         | 46.575 |

Combinazione n°4 - SLU - GEO

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS        |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|-------|------|----------------|----------------|-----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |           |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0     | 31   | 648            | 347434         | 11117.879 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 2     | 125  | 6540           | 331530         | 2652.237  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 12    | 219  | 13788          | 245733         | 1123.349  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 33    | 312  | 16633          | 157756         | 504.820   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 67    | 406  | 82567          | 82562          | 203.230   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 118   | 500  | 10682          | 45408          | 90.816    |

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS     |
|-----|------|----------------|-------|------|----------------|----------------|--------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |        |
| 19  | 0,90 | 10,05          | 316   | 1101 | 9510           | 33105          | 58.853 |
| 22  | 1,05 |                | 478   | 1467 | 7929           | 24344          | 16.590 |
| 25  | 1,20 |                | 686   | 1834 | 7511           | 20086          | 10.951 |
| 28  | 1,35 |                | 945   | 2201 | 7180           | 16717          | 7.595  |
| 31  | 1,50 |                | 1252  | 2568 | 6935           | 14227          | 5.540  |
| 34  | 1,60 |                | 1457  | 2599 | 6714           | 11978          | 4.608  |
| 37  | 1,75 |                | 1718  | 2646 | 6525           | 10050          | 3.798  |
| 40  | 1,90 |                | 1930  | 2694 | 6418           | 8959           | 3.326  |
| 43  | 2,05 |                | 2096  | 2741 | 6354           | 8309           | 3.032  |
| 46  | 2,20 |                | 2194  | 2788 | 6327           | 8039           | 2.884  |
| 49  | 2,35 |                | 2228  | 2835 | 6329           | 8054           | 2.841  |
| 52  | 2,50 |                | 2208  | 2882 | 6352           | 8292           | 2.877  |
| 55  | 2,65 |                | 2146  | 2929 | 6395           | 8730           | 2.980  |
| 58  | 2,80 |                | 2050  | 2976 | 6458           | 9375           | 3.150  |
| 61  | 2,95 |                | 1930  | 3023 | 6544           | 10250          | 3.390  |
| 64  | 3,10 |                | 1793  | 3071 | 6657           | 11401          | 3.713  |
| 67  | 3,25 |                | 1644  | 3118 | 6805           | 12903          | 4.139  |
| 70  | 3,40 |                | 1490  | 3165 | 6998           | 14869          | 4.698  |
| 73  | 3,55 |                | 1333  | 3212 | 7254           | 17477          | 5.441  |
| 76  | 3,70 |                | 1179  | 3259 | 7602           | 21018          | 6.449  |
| 79  | 3,85 |                | 1029  | 3306 | 8037           | 25815          | 7.808  |
| 82  | 4,00 |                | 887   | 3353 | 8449           | 31946          | 9.527  |
| 85  | 4,15 |                | 753   | 3400 | 8992           | 40590          | 11.937 |
| 88  | 4,30 |                | 630   | 3448 | 9595           | 52524          | 15.235 |
| 91  | 4,45 |                | 517   | 3495 | 9998           | 67562          | 19.333 |
| 94  | 4,60 |                | 416   | 3542 | 10031          | 85415          | 24.116 |
| 97  | 4,75 |                | 326   | 3589 | 9632           | 105939         | 29.518 |
| 100 | 4,90 |                | 248   | 3636 | 8781           | 128579         | 35.362 |
| 103 | 5,05 |                | 182   | 3683 | 7445           | 150840         | 40.954 |
| 106 | 5,20 |                | 126   | 3730 | 5786           | 170770         | 45.779 |
| 109 | 5,35 |                | 82    | 3777 | 3817           | 176415         | 46.702 |
| 112 | 5,50 |                | 47    | 3825 | 2226           | 179892         | 47.036 |
| 115 | 5,65 |                | 23    | 3872 | 1068           | 182422         | 47.117 |
| 118 | 5,80 |                | 7     | 3919 | 340            | 184015         | 46.957 |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS     |
|-----|------|----------------|-------|------|----------------|----------------|--------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |        |
| 121 | 5,95 |                | 0     | 3966 | 20             | 184712         | 46.575 |

Combinazione n°5 - SLV - GEO

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS        |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|-------|------|----------------|----------------|-----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |           |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0     | 31   | 747            | 347166         | 11109.298 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 3     | 125  | 7527           | 328863         | 2630.906  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 14    | 219  | 14735          | 224615         | 1026.812  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 39    | 312  | 15926          | 127707         | 408.663   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 80    | 406  | 11997          | 60618          | 149.213   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 142   | 500  | 9557           | 33600          | 67.199    |

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | M     | N    | M <sub>u</sub> | N <sub>u</sub> | FS     |
|-----|------|----------------|-------|------|----------------|----------------|--------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kgm] | [kg] | [kgm]          | [kg]           |        |
| 19  | 0,90 | 10,05          | 385   | 1101 | 8737           | 25001          | 44.446 |
| 22  | 1,05 |                | 587   | 1467 | 7342           | 18364          | 12.515 |
| 25  | 1,20 |                | 848   | 1834 | 7031           | 15208          | 8.291  |
| 28  | 1,35 |                | 1176  | 2201 | 6785           | 12696          | 5.768  |
| 31  | 1,50 |                | 1568  | 2568 | 6599           | 10804          | 4.207  |
| 34  | 1,60 |                | 1833  | 2599 | 6434           | 9122           | 3.509  |
| 37  | 1,75 |                | 2171  | 2646 | 6291           | 7670           | 2.898  |
| 40  | 1,90 |                | 2444  | 2694 | 6210           | 6843           | 2.541  |
| 43  | 2,05 |                | 2660  | 2741 | 6161           | 6348           | 2.316  |
| 46  | 2,20 |                | 2789  | 2788 | 6140           | 6138           | 2.202  |
| 49  | 2,35 |                | 2834  | 2835 | 6141           | 6142           | 2.167  |
| 52  | 2,50 |                | 2812  | 2882 | 6157           | 6311           | 2.190  |
| 55  | 2,65 |                | 2734  | 2929 | 6189           | 6629           | 2.263  |
| 58  | 2,80 |                | 2615  | 2976 | 6235           | 7097           | 2.384  |
| 61  | 2,95 |                | 2463  | 3023 | 6297           | 7730           | 2.557  |
| 64  | 3,10 |                | 2289  | 3071 | 6378           | 8557           | 2.787  |
| 67  | 3,25 |                | 2100  | 3118 | 6483           | 9625           | 3.087  |
| 70  | 3,40 |                | 1903  | 3165 | 6619           | 11007          | 3.478  |
| 73  | 3,55 |                | 1704  | 3212 | 6796           | 12810          | 3.988  |
| 76  | 3,70 |                | 1507  | 3259 | 7031           | 15202          | 4.665  |
| 79  | 3,85 |                | 1317  | 3306 | 7351           | 18459          | 5.583  |
| 82  | 4,00 |                | 1135  | 3353 | 7802           | 23054          | 6.875  |
| 85  | 4,15 |                | 964   | 3400 | 8259           | 29125          | 8.565  |
| 88  | 4,30 |                | 807   | 3448 | 8831           | 37750          | 10.950 |
| 91  | 4,45 |                | 663   | 3495 | 9516           | 50192          | 14.362 |
| 94  | 4,60 |                | 533   | 3542 | 9978           | 66296          | 18.718 |
| 97  | 4,75 |                | 418   | 3589 | 10027          | 86013          | 23.966 |
| 100 | 4,90 |                | 319   | 3636 | 9555           | 109069         | 29.996 |
| 103 | 5,05 |                | 233   | 3683 | 8501           | 134224         | 36.442 |
| 106 | 5,20 |                | 162   | 3730 | 6884           | 158262         | 42.426 |
| 109 | 5,35 |                | 105   | 3777 | 4840           | 174178         | 46.110 |
| 112 | 5,50 |                | 61    | 3825 | 2839           | 178551         | 46.685 |
| 115 | 5,65 |                | 29    | 3872 | 1369           | 181765         | 46.947 |
| 118 | 5,80 |                | 9     | 3919 | 436            | 183803         | 46.903 |
| 121 | 5,95 |                | 1     | 3966 | 26             | 184699         | 46.571 |

**VERIFICA ARMATURA (VERIFICA A TAGLIO)***Simbologia adottata*

|                  |   |
|------------------|---|
| n°               | numero d'ordine della sezione   |
| Tipo             | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y                | ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]                 |
| A <sub>sw</sub>  | area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]                           |
| s                | interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]        |
| A <sub>sag</sub> | area armatura sagomati, espressa in [cmq]                                   |
| V <sub>Ed</sub>  | taglio agente sul palo, espresso in [kg]                                    |
| V <sub>Rd</sub>  | taglio resistente, espresso in [kg]   |
| FS               | coefficiente di sicurezza (rapporto tra V <sub>Rd</sub> / V <sub>Ed</sub> ) |

La verifica a taglio del muro è stata eseguita considerando una sezione rettangolare di larghezza B = 100,00 cm

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 34,14 cm

**Combinazione n° 1 - SLU - STR**

| n° | Y    | H     | A <sub>sag</sub> | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|----|------|-------|------------------|-----------------|-----------------|----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]            | [kg]            | [kg]            |          |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 0,00             | 2               | 10475           | 6243.832 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 0,00             | 29              | 10486           | 366.880  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 0,00             | 89              | 10498           | 117.886  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 0,00             | 176             | 10509           | 59.777   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 0,00             | 286             | 10520           | 36.840   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 0,00             | 414             | 10531           | 25.439   |

| n°  | Y    | A <sub>sw</sub> | s     | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|-----|------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|----------|
|     | [m]  | [cmq]           | [cm]  | [kg]            | [kg]            |          |
| 19  | 0,90 | 1,01            | 10,00 | 992             | 10539           | 20.780   |
| 22  | 1,05 |                 |       | 1314            | 23875           | 18.165   |
| 25  | 1,20 |                 |       | 1691            | 23891           | 14.125   |
| 28  | 1,35 |                 |       | 2054            | 23906           | 11.641   |
| 31  | 1,50 |                 |       | 2394            | 23922           | 9.991    |
| 34  | 1,60 |                 |       | 2038            | 23923           | 11.740   |
| 37  | 1,75 |                 |       | 1660            | 23925           | 14.409   |
| 40  | 1,90 |                 |       | 1335            | 23927           | 17.925   |
| 43  | 2,05 |                 |       | 903             | 23929           | 26.492   |
| 46  | 2,20 |                 |       | 402             | 23931           | 59.546   |
| 49  | 2,35 |                 |       | -11             | 23933           | 1000.000 |
| 52  | 2,50 |                 |       | -345            | 23935           | 69.447   |
| 55  | 2,65 |                 |       | -607            | 23937           | 39.449   |
| 58  | 2,80 |                 |       | -806            | 23939           | 29.702   |
| 61  | 2,95 |                 |       | -950            | 23941           | 25.196   |
| 64  | 3,10 |                 |       | -1047           | 23943           | 22.869   |
| 67  | 3,25 |                 |       | -1103           | 23945           | 21.701   |
| 70  | 3,40 |                 |       | -1126           | 23947           | 21.267   |
| 73  | 3,55 |                 |       | -1121           | 23949           | 21.370   |
| 76  | 3,70 |                 |       | -1093           | 23951           | 21.918   |
| 79  | 3,85 |                 |       | -1047           | 23953           | 22.878   |
| 82  | 4,00 |                 |       | -988            | 23955           | 24.258   |
| 85  | 4,15 |                 |       | -918            | 23957           | 26.100   |
| 88  | 4,30 |                 |       | -841            | 23959           | 28.480   |
| 91  | 4,45 |                 |       | -760            | 23961           | 31.521   |
| 94  | 4,60 |                 |       | -677            | 23963           | 35.409   |
| 97  | 4,75 |                 |       | -593            | 23965           | 40.430   |
| 100 | 4,90 |                 |       | -510            | 23967           | 47.034   |
| 103 | 5,05 |                 |       | -428            | 23969           | 55.973   |
| 106 | 5,20 |                 |       | -350            | 23971           | 68.581   |
| 109 | 5,35 |                 |       | -274            | 23973           | 87.483   |
| 112 | 5,50 |                 |       | -202            | 23975           | 118.622  |
| 115 | 5,65 |                 |       | -134            | 23977           | 178.934  |
| 118 | 5,80 |                 |       | -70             | 23979           | 343.492  |
| 121 | 5,95 |                 |       | -10             | 23981           | 1000.000 |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

Combinazione n° 2 - SLU - STR

| n° | Y    | H     | A <sub>saq</sub> | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|----|------|-------|------------------|-----------------|-----------------|----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]            | [kg]            | [kg]            |          |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 0,00             | 2               | 10475           | 6243.832 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 0,00             | 29              | 10486           | 366.880  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 0,00             | 89              | 10498           | 117.886  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 0,00             | 176             | 10509           | 59.777   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 0,00             | 286             | 10520           | 36.840   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 0,00             | 414             | 10531           | 25.439   |

| n°  | Y    | A <sub>sw</sub> | s     | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|-----|------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|----------|
|     | [m]  | [cmq]           | [cm]  | [kg]            | [kg]            |          |
| 19  | 0,90 | 1,01            | 10,00 | 992             | 10539           | 20.780   |
| 22  | 1,05 |                 |       | 1314            | 23875           | 18.165   |
| 25  | 1,20 |                 |       | 1691            | 23891           | 14.125   |
| 28  | 1,35 |                 |       | 2054            | 23906           | 11.641   |
| 31  | 1,50 |                 |       | 2394            | 23922           | 9.991    |
| 34  | 1,60 |                 |       | 2038            | 23923           | 11.740   |
| 37  | 1,75 |                 |       | 1660            | 23925           | 14.409   |
| 40  | 1,90 |                 |       | 1335            | 23927           | 17.925   |
| 43  | 2,05 |                 |       | 903             | 23929           | 26.492   |
| 46  | 2,20 |                 |       | 402             | 23931           | 59.546   |
| 49  | 2,35 |                 |       | -11             | 23933           | 1000.000 |
| 52  | 2,50 |                 |       | -345            | 23935           | 69.447   |
| 55  | 2,65 |                 |       | -607            | 23937           | 39.449   |
| 58  | 2,80 |                 |       | -806            | 23939           | 29.702   |
| 61  | 2,95 |                 |       | -950            | 23941           | 25.196   |
| 64  | 3,10 |                 |       | -1047           | 23943           | 22.869   |
| 67  | 3,25 |                 |       | -1103           | 23945           | 21.701   |
| 70  | 3,40 |                 |       | -1126           | 23947           | 21.267   |
| 73  | 3,55 |                 |       | -1121           | 23949           | 21.370   |
| 76  | 3,70 |                 |       | -1093           | 23951           | 21.918   |
| 79  | 3,85 |                 |       | -1047           | 23953           | 22.878   |
| 82  | 4,00 |                 |       | -988            | 23955           | 24.258   |
| 85  | 4,15 |                 |       | -918            | 23957           | 26.100   |
| 88  | 4,30 |                 |       | -841            | 23959           | 28.480   |
| 91  | 4,45 |                 |       | -760            | 23961           | 31.521   |
| 94  | 4,60 |                 |       | -677            | 23963           | 35.409   |
| 97  | 4,75 |                 |       | -593            | 23965           | 40.430   |
| 100 | 4,90 |                 |       | -510            | 23967           | 47.034   |
| 103 | 5,05 |                 |       | -428            | 23969           | 55.973   |
| 106 | 5,20 |                 |       | -350            | 23971           | 68.581   |
| 109 | 5,35 |                 |       | -274            | 23973           | 87.483   |
| 112 | 5,50 |                 |       | -202            | 23975           | 118.622  |
| 115 | 5,65 |                 |       | -134            | 23977           | 178.934  |
| 118 | 5,80 |                 |       | -70             | 23979           | 343.492  |
| 121 | 5,95 |                 |       | -10             | 23981           | 1000.000 |

Combinazione n° 3 - SLU - GEO

| n° | Y    | H     | A <sub>saq</sub> | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|----|------|-------|------------------|-----------------|-----------------|----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]            | [kg]            | [kg]            |          |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 0,00             | 2               | 10475           | 4493.859 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 0,00             | 36              | 10486           | 294.484  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 0,00             | 98              | 10498           | 107.088  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 0,00             | 180             | 10509           | 58.265   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 0,00             | 279             | 10520           | 37.763   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 0,00             | 397             | 10531           | 26.549   |

| n° | Y    | A <sub>sw</sub> | s     | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS     |
|----|------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|--------|
|    | [m]  | [cmq]           | [cm]  | [kg]            | [kg]            |        |
| 19 | 0,90 | 1,01            | 10,00 | 944             | 10539           | 21.834 |
| 22 | 1,05 |                 |       | 1220            | 23875           | 19.569 |
| 25 | 1,20 |                 |       | 1559            | 23891           | 15.323 |
| 28 | 1,35 |                 |       | 1894            | 23906           | 12.626 |
| 31 | 1,50 |                 |       | 2188            | 23922           | 10.931 |
| 34 | 1,60 |                 |       | 1860            | 23923           | 12.863 |
| 37 | 1,75 |                 |       | 1512            | 23925           | 15.819 |
| 40 | 1,90 |                 |       | 1213            | 23927           | 19.729 |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | A <sub>sw</sub> | s    | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|-----|------|-----------------|------|-----------------|-----------------|----------|
|     | [m]  | [cmq]           | [cm] | [kg]            | [kg]            |          |
| 43  | 2,05 |                 |      | 816             | 23929           | 29.327   |
| 46  | 2,20 |                 |      | 355             | 23931           | 67.380   |
| 49  | 2,35 |                 |      | -24             | 23933           | 988.068  |
| 52  | 2,50 |                 |      | -330            | 23935           | 72.511   |
| 55  | 2,65 |                 |      | -570            | 23937           | 41.974   |
| 58  | 2,80 |                 |      | -752            | 23939           | 31.814   |
| 61  | 2,95 |                 |      | -884            | 23941           | 27.081   |
| 64  | 3,10 |                 |      | -972            | 23943           | 24.632   |
| 67  | 3,25 |                 |      | -1023           | 23945           | 23.410   |
| 70  | 3,40 |                 |      | -1043           | 23947           | 22.969   |
| 73  | 3,55 |                 |      | -1037           | 23949           | 23.101   |
| 76  | 3,70 |                 |      | -1010           | 23951           | 23.712   |
| 79  | 3,85 |                 |      | -967            | 23953           | 24.768   |
| 82  | 4,00 |                 |      | -912            | 23955           | 26.279   |
| 85  | 4,15 |                 |      | -847            | 23957           | 28.291   |
| 88  | 4,30 |                 |      | -776            | 23959           | 30.888   |
| 91  | 4,45 |                 |      | -701            | 23961           | 34.205   |
| 94  | 4,60 |                 |      | -623            | 23963           | 38.445   |
| 97  | 4,75 |                 |      | -546            | 23965           | 43.921   |
| 100 | 4,90 |                 |      | -469            | 23967           | 51.125   |
| 103 | 5,05 |                 |      | -394            | 23969           | 60.878   |
| 106 | 5,20 |                 |      | -321            | 23971           | 74.637   |
| 109 | 5,35 |                 |      | -252            | 23973           | 95.270   |
| 112 | 5,50 |                 |      | -185            | 23975           | 129.271  |
| 115 | 5,65 |                 |      | -123            | 23977           | 195.142  |
| 118 | 5,80 |                 |      | -64             | 23979           | 374.903  |
| 121 | 5,95 |                 |      | -9              | 23981           | 1000.000 |

Combinazione n° 4 - SLU - GEO

| n° | Y    | H     | A <sub>saq</sub> | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|----|------|-------|------------------|-----------------|-----------------|----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]            | [kg]            | [kg]            |          |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 0,00             | 2               | 10475           | 4493.859 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 0,00             | 36              | 10486           | 294.484  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 0,00             | 98              | 10498           | 107.088  |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 0,00             | 180             | 10509           | 58.265   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 0,00             | 279             | 10520           | 37.763   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 0,00             | 397             | 10531           | 26.549   |

| n°  | Y    | A <sub>sw</sub> | s     | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS      |
|-----|------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|---------|
|     | [m]  | [cmq]           | [cm]  | [kg]            | [kg]            |         |
| 19  | 0,90 | 1,01            | 10,00 | 944             | 10539           | 21.834  |
| 22  | 1,05 |                 |       | 1220            | 23875           | 19.569  |
| 25  | 1,20 |                 |       | 1559            | 23891           | 15.323  |
| 28  | 1,35 |                 |       | 1894            | 23906           | 12.626  |
| 31  | 1,50 |                 |       | 2188            | 23922           | 10.931  |
| 34  | 1,60 |                 |       | 1860            | 23923           | 12.863  |
| 37  | 1,75 |                 |       | 1512            | 23925           | 15.819  |
| 40  | 1,90 |                 |       | 1213            | 23927           | 19.727  |
| 43  | 2,05 |                 |       | 816             | 23929           | 29.327  |
| 46  | 2,20 |                 |       | 355             | 23931           | 67.380  |
| 49  | 2,35 |                 |       | -24             | 23933           | 988.068 |
| 52  | 2,50 |                 |       | -330            | 23935           | 72.511  |
| 55  | 2,65 |                 |       | -570            | 23937           | 41.974  |
| 58  | 2,80 |                 |       | -752            | 23939           | 31.814  |
| 61  | 2,95 |                 |       | -884            | 23941           | 27.081  |
| 64  | 3,10 |                 |       | -972            | 23943           | 24.632  |
| 67  | 3,25 |                 |       | -1023           | 23945           | 23.410  |
| 70  | 3,40 |                 |       | -1043           | 23947           | 22.969  |
| 73  | 3,55 |                 |       | -1037           | 23949           | 23.101  |
| 76  | 3,70 |                 |       | -1010           | 23951           | 23.712  |
| 79  | 3,85 |                 |       | -967            | 23953           | 24.768  |
| 82  | 4,00 |                 |       | -912            | 23955           | 26.279  |
| 85  | 4,15 |                 |       | -847            | 23957           | 28.291  |
| 88  | 4,30 |                 |       | -776            | 23959           | 30.888  |
| 91  | 4,45 |                 |       | -701            | 23961           | 34.205  |
| 94  | 4,60 |                 |       | -623            | 23963           | 38.445  |
| 97  | 4,75 |                 |       | -546            | 23965           | 43.921  |
| 100 | 4,90 |                 |       | -469            | 23967           | 51.125  |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | A <sub>sw</sub> | s    | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|-----|------|-----------------|------|-----------------|-----------------|----------|
|     | [m]  | [cmq]           | [cm] | [kg]            | [kg]            |          |
| 103 | 5,05 |                 |      | -394            | 23969           | 60.878   |
| 106 | 5,20 |                 |      | -321            | 23971           | 74.637   |
| 109 | 5,35 |                 |      | -252            | 23973           | 95.270   |
| 112 | 5,50 |                 |      | -185            | 23975           | 129.271  |
| 115 | 5,65 |                 |      | -123            | 23977           | 195.142  |
| 118 | 5,80 |                 |      | -64             | 23979           | 374.903  |
| 121 | 5,95 |                 |      | -9              | 23981           | 1000.000 |

Combinazione n° 5 - SLV - GEO

| n° | Y    | H     | A <sub>saq</sub> | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|----|------|-------|------------------|-----------------|-----------------|----------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]            | [kg]            | [kg]            |          |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 0,00             | 3               | 10475           | 3893.403 |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 0,00             | 41              | 10486           | 253.531  |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 0,00             | 116             | 10498           | 90.776   |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 0,00             | 216             | 10509           | 48.581   |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 0,00             | 339             | 10520           | 31.002   |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 0,00             | 489             | 10531           | 21.550   |

| n°  | Y    | A <sub>sw</sub> | s     | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|-----|------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|----------|
|     | [m]  | [cmq]           | [cm]  | [kg]            | [kg]            |          |
| 19  | 0,90 | 1,01            | 10,00 | 1172            | 10539           | 17.590   |
| 22  | 1,05 |                 |       | 1530            | 23875           | 15.602   |
| 25  | 1,20 |                 |       | 1964            | 23891           | 12.163   |
| 28  | 1,35 |                 |       | 2406            | 23906           | 9.935    |
| 31  | 1,50 |                 |       | 2821            | 23922           | 8.479    |
| 34  | 1,60 |                 |       | 2401            | 23923           | 9.964    |
| 37  | 1,75 |                 |       | 1956            | 23925           | 12.229   |
| 40  | 1,90 |                 |       | 1573            | 23927           | 15.214   |
| 43  | 2,05 |                 |       | 1064            | 23929           | 22.486   |
| 46  | 2,20 |                 |       | 473             | 23931           | 50.554   |
| 49  | 2,35 |                 |       | -13             | 23933           | 1000.000 |
| 52  | 2,50 |                 |       | -406            | 23935           | 58.904   |
| 55  | 2,65 |                 |       | -715            | 23937           | 33.467   |
| 58  | 2,80 |                 |       | -950            | 23939           | 25.201   |
| 61  | 2,95 |                 |       | -1120           | 23941           | 21.379   |
| 64  | 3,10 |                 |       | -1234           | 23943           | 19.404   |
| 67  | 3,25 |                 |       | -1300           | 23945           | 18.414   |
| 70  | 3,40 |                 |       | -1327           | 23947           | 18.046   |
| 73  | 3,55 |                 |       | -1321           | 23949           | 18.133   |
| 76  | 3,70 |                 |       | -1288           | 23951           | 18.598   |
| 79  | 3,85 |                 |       | -1234           | 23953           | 19.413   |
| 82  | 4,00 |                 |       | -1164           | 23955           | 20.585   |
| 85  | 4,15 |                 |       | -1082           | 23957           | 22.148   |
| 88  | 4,30 |                 |       | -991            | 23959           | 24.168   |
| 91  | 4,45 |                 |       | -896            | 23961           | 26.748   |
| 94  | 4,60 |                 |       | -798            | 23963           | 30.048   |
| 97  | 4,75 |                 |       | -699            | 23965           | 34.308   |
| 100 | 4,90 |                 |       | -600            | 23967           | 39.913   |
| 103 | 5,05 |                 |       | -505            | 23969           | 47.499   |
| 106 | 5,20 |                 |       | -412            | 23971           | 58.199   |
| 109 | 5,35 |                 |       | -323            | 23973           | 74.239   |
| 112 | 5,50 |                 |       | -238            | 23975           | 100.665  |
| 115 | 5,65 |                 |       | -158            | 23977           | 151.849  |
| 118 | 5,80 |                 |       | -82             | 23979           | 291.500  |
| 121 | 5,95 |                 |       | -11             | 23981           | 1000.000 |



## VERIFICA ARMATURA (VERIFICA TENSIONI)

### Simbologia adottata

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| n°                                | numero d'ordine della sezione                              |
| Y                                 | ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m] |
| A <sub>f</sub>                    | area di armatura espressa in [cmq]                         |
| σ <sub>c</sub>                    | tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]             |
| σ <sub>f</sub>                    | tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]                 |
| A <sub>fs</sub> , A <sub>fi</sub> | area armatura superiore ed inferiore espressa in [cmq]     |
| A <sub>sw</sub>                   | area armatura sagomati espressa in [cmq]                   |
| σ <sub>fi</sub>                   | tensione nelle armature inferiori espressa in [kg/cmq]     |
| σ <sub>fs</sub>                   | tensione nelle armature superiori espressa in [kg/cmq]     |

Larghezza sezione muro: B = 100,00 cm

### Combinazione n° 6 - SLE - Rara

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kg/cmq]       | [kg/cmq]        | [kg/cmq]        |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,01           | -0,17           | -0,17           |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,06           | -0,82           | -0,55           |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,14           | -1,94           | -0,46           |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,33           | -4,06           | 1,14            |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,72           | -8,03           | 9,68            |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 1,35           | -13,61          | 28,70           |

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 19  | 0,90 | 10,05          | 1,90           | -18,18         |
| 22  | 1,05 |                | 11,12          | 202,17         |
| 25  | 1,20 |                | 16,58          | 328,26         |
| 28  | 1,35 |                | 23,49          | 496,54         |
| 31  | 1,50 |                | 31,74          | 704,60         |
| 34  | 1,60 |                | 37,49          | 869,46         |
| 37  | 1,75 |                | 44,80          | 1079,22        |
| 40  | 1,90 |                | 50,71          | 1248,71        |
| 43  | 2,05 |                | 55,36          | 1381,37        |
| 46  | 2,20 |                | 58,12          | 1458,45        |
| 49  | 2,35 |                | 59,07          | 1482,24        |
| 52  | 2,50 |                | 58,54          | 1462,38        |
| 55  | 2,65 |                | 56,83          | 1407,59        |
| 58  | 2,80 |                | 54,19          | 1325,66        |
| 61  | 2,95 |                | 50,85          | 1223,45        |
| 64  | 3,10 |                | 47,02          | 1106,95        |
| 67  | 3,25 |                | 42,86          | 981,36         |
| 70  | 3,40 |                | 38,52          | 851,10         |
| 73  | 3,55 |                | 34,11          | 719,95         |
| 76  | 3,70 |                | 29,74          | 591,14         |
| 79  | 3,85 |                | 25,48          | 467,50         |
| 82  | 4,00 |                | 21,40          | 351,66         |
| 85  | 4,15 |                | 17,55          | 246,44         |
| 88  | 4,30 |                | 14,01          | 155,39         |
| 91  | 4,45 |                | 10,91          | 114,88         |
| 94  | 4,60 |                | 8,44           | 94,89          |
| 97  | 4,75 |                | 6,71           | 79,57          |
| 100 | 4,90 |                | 5,58           | 68,88          |
| 103 | 5,05 |                | 4,80           | 61,24          |
| 106 | 5,20 |                | 4,17           | 55,05          |
| 109 | 5,35 |                | 3,67           | 50,15          |
| 112 | 5,50 |                | 3,29           | 46,49          |
| 115 | 5,65 |                | 3,02           | 44,01          |
| 118 | 5,80 |                | 2,87           | 42,64          |
| 121 | 5,95 |                | 2,82           | 42,32          |

### Combinazione n° 7 - SLE - Frequente

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kg/cmq]       | [kg/cmq]        | [kg/cmq]        |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,01           | -0,17           | -0,17           |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,06           | -0,82           | -0,55           |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,14           | -1,94           | -0,46           |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kg/cmq]       | [kg/cmq]        | [kg/cmq]        |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,33           | -4,06           | 1,14            |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,72           | -8,03           | 9,68            |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 1,35           | -13,61          | 28,70           |

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 19  | 0,90 | 10,05          | 1,90           | -18,18         |
| 22  | 1,05 |                | 11,12          | 202,17         |
| 25  | 1,20 |                | 16,58          | 328,26         |
| 28  | 1,35 |                | 23,49          | 496,54         |
| 31  | 1,50 |                | 31,74          | 704,60         |
| 34  | 1,60 |                | 37,49          | 869,46         |
| 37  | 1,75 |                | 44,80          | 1079,22        |
| 40  | 1,90 |                | 50,71          | 1248,71        |
| 43  | 2,05 |                | 55,36          | 1381,37        |
| 46  | 2,20 |                | 58,12          | 1458,45        |
| 49  | 2,35 |                | 59,07          | 1482,24        |
| 52  | 2,50 |                | 58,54          | 1462,38        |
| 55  | 2,65 |                | 56,83          | 1407,59        |
| 58  | 2,80 |                | 54,19          | 1325,66        |
| 61  | 2,95 |                | 50,85          | 1223,45        |
| 64  | 3,10 |                | 47,02          | 1106,95        |
| 67  | 3,25 |                | 42,86          | 981,36         |
| 70  | 3,40 |                | 38,52          | 851,10         |
| 73  | 3,55 |                | 34,11          | 719,95         |
| 76  | 3,70 |                | 29,74          | 591,14         |
| 79  | 3,85 |                | 25,48          | 467,50         |
| 82  | 4,00 |                | 21,40          | 351,66         |
| 85  | 4,15 |                | 17,55          | 246,44         |
| 88  | 4,30 |                | 14,01          | 155,39         |
| 91  | 4,45 |                | 10,91          | 114,88         |
| 94  | 4,60 |                | 8,44           | 94,89          |
| 97  | 4,75 |                | 6,71           | 79,57          |
| 100 | 4,90 |                | 5,58           | 68,88          |
| 103 | 5,05 |                | 4,80           | 61,24          |
| 106 | 5,20 |                | 4,17           | 55,05          |
| 109 | 5,35 |                | 3,67           | 50,15          |
| 112 | 5,50 |                | 3,29           | 46,49          |
| 115 | 5,65 |                | 3,02           | 44,01          |
| 118 | 5,80 |                | 2,87           | 42,64          |
| 121 | 5,95 |                | 2,82           | 42,32          |

Combinazione n° 8 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kg/cmq]       | [kg/cmq]        | [kg/cmq]        |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,01           | -0,17           | -0,17           |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,06           | -0,82           | -0,55           |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,14           | -1,94           | -0,46           |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,33           | -4,06           | 1,14            |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,72           | -8,03           | 9,68            |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 1,35           | -13,61          | 28,70           |

| n° | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|----|------|----------------|----------------|----------------|
|    | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 19 | 0,90 | 10,05          | 1,90           | -18,18         |
| 22 | 1,05 |                | 11,12          | 202,17         |
| 25 | 1,20 |                | 16,58          | 328,26         |
| 28 | 1,35 |                | 23,49          | 496,54         |
| 31 | 1,50 |                | 31,74          | 704,60         |
| 34 | 1,60 |                | 37,49          | 869,46         |
| 37 | 1,75 |                | 44,80          | 1079,22        |
| 40 | 1,90 |                | 50,71          | 1248,71        |
| 43 | 2,05 |                | 55,36          | 1381,37        |
| 46 | 2,20 |                | 58,12          | 1458,45        |
| 49 | 2,35 |                | 59,07          | 1482,24        |
| 52 | 2,50 |                | 58,54          | 1462,38        |
| 55 | 2,65 |                | 56,83          | 1407,59        |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18

### PROGETTO ESECUTIVO

#### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 58  | 2,80 |                | 54,19          | 1325,66        |
| 61  | 2,95 |                | 50,85          | 1223,45        |
| 64  | 3,10 |                | 47,02          | 1106,95        |
| 67  | 3,25 |                | 42,86          | 981,36         |
| 70  | 3,40 |                | 38,52          | 851,10         |
| 73  | 3,55 |                | 34,11          | 719,95         |
| 76  | 3,70 |                | 29,74          | 591,14         |
| 79  | 3,85 |                | 25,48          | 467,50         |
| 82  | 4,00 |                | 21,40          | 351,66         |
| 85  | 4,15 |                | 17,55          | 246,44         |
| 88  | 4,30 |                | 14,01          | 155,39         |
| 91  | 4,45 |                | 10,91          | 114,88         |
| 94  | 4,60 |                | 8,44           | 94,89          |
| 97  | 4,75 |                | 6,71           | 79,57          |
| 100 | 4,90 |                | 5,58           | 68,88          |
| 103 | 5,05 |                | 4,80           | 61,24          |
| 106 | 5,20 |                | 4,17           | 55,05          |
| 109 | 5,35 |                | 3,67           | 50,15          |
| 112 | 5,50 |                | 3,29           | 46,49          |
| 115 | 5,65 |                | 3,02           | 44,01          |
| 118 | 5,80 |                | 2,87           | 42,64          |
| 121 | 5,95 |                | 2,82           | 42,32          |

#### Combinazione n° 9 - SLE - Rara

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kg/cmq]       | [kg/cmq]        | [kg/cmq]        |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,01           | -0,17           | -0,17           |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,06           | -0,82           | -0,55           |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,14           | -1,94           | -0,46           |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,33           | -4,06           | 1,14            |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,72           | -8,03           | 9,68            |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 1,35           | -13,61          | 28,70           |

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 19  | 0,90 | 10,05          | 1,90           | -18,18         |
| 22  | 1,05 |                | 11,12          | 202,17         |
| 25  | 1,20 |                | 16,58          | 328,26         |
| 28  | 1,35 |                | 23,49          | 496,54         |
| 31  | 1,50 |                | 31,74          | 704,60         |
| 34  | 1,60 |                | 37,49          | 869,46         |
| 37  | 1,75 |                | 44,80          | 1079,22        |
| 40  | 1,90 |                | 50,71          | 1248,71        |
| 43  | 2,05 |                | 55,36          | 1381,37        |
| 46  | 2,20 |                | 58,12          | 1458,45        |
| 49  | 2,35 |                | 59,07          | 1482,24        |
| 52  | 2,50 |                | 58,54          | 1462,38        |
| 55  | 2,65 |                | 56,83          | 1407,59        |
| 58  | 2,80 |                | 54,19          | 1325,66        |
| 61  | 2,95 |                | 50,85          | 1223,45        |
| 64  | 3,10 |                | 47,02          | 1106,95        |
| 67  | 3,25 |                | 42,86          | 981,36         |
| 70  | 3,40 |                | 38,52          | 851,10         |
| 73  | 3,55 |                | 34,11          | 719,95         |
| 76  | 3,70 |                | 29,74          | 591,14         |
| 79  | 3,85 |                | 25,48          | 467,50         |
| 82  | 4,00 |                | 21,40          | 351,66         |
| 85  | 4,15 |                | 17,55          | 246,44         |
| 88  | 4,30 |                | 14,01          | 155,39         |
| 91  | 4,45 |                | 10,91          | 114,88         |
| 94  | 4,60 |                | 8,44           | 94,89          |
| 97  | 4,75 |                | 6,71           | 79,57          |
| 100 | 4,90 |                | 5,58           | 68,88          |
| 103 | 5,05 |                | 4,80           | 61,24          |
| 106 | 5,20 |                | 4,17           | 55,05          |
| 109 | 5,35 |                | 3,67           | 50,15          |
| 112 | 5,50 |                | 3,29           | 46,49          |
| 115 | 5,65 |                | 3,02           | 44,01          |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 118 | 5,80 |                | 2,87           | 42,64          |
| 121 | 5,95 |                | 2,82           | 42,32          |

Combinazione n° 10 - SLE - Frequente

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kg/cmq]       | [kg/cmq]        | [kg/cmq]        |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,01           | -0,17           | -0,17           |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,06           | -0,82           | -0,55           |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,14           | -1,94           | -0,46           |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,33           | -4,06           | 1,14            |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,72           | -8,03           | 9,68            |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 1,35           | -13,61          | 28,70           |

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 19  | 0,90 | 10,05          | 1,90           | -18,18         |
| 22  | 1,05 |                | 11,12          | 202,17         |
| 25  | 1,20 |                | 16,58          | 328,26         |
| 28  | 1,35 |                | 23,49          | 496,54         |
| 31  | 1,50 |                | 31,74          | 704,60         |
| 34  | 1,60 |                | 37,49          | 869,46         |
| 37  | 1,75 |                | 44,80          | 1079,22        |
| 40  | 1,90 |                | 50,71          | 1248,71        |
| 43  | 2,05 |                | 55,36          | 1381,37        |
| 46  | 2,20 |                | 58,12          | 1458,45        |
| 49  | 2,35 |                | 59,07          | 1482,24        |
| 52  | 2,50 |                | 58,54          | 1462,38        |
| 55  | 2,65 |                | 56,83          | 1407,59        |
| 58  | 2,80 |                | 54,19          | 1325,66        |
| 61  | 2,95 |                | 50,85          | 1223,45        |
| 64  | 3,10 |                | 47,02          | 1106,95        |
| 67  | 3,25 |                | 42,86          | 981,36         |
| 70  | 3,40 |                | 38,52          | 851,10         |
| 73  | 3,55 |                | 34,11          | 719,95         |
| 76  | 3,70 |                | 29,74          | 591,14         |
| 79  | 3,85 |                | 25,48          | 467,50         |
| 82  | 4,00 |                | 21,40          | 351,66         |
| 85  | 4,15 |                | 17,55          | 246,44         |
| 88  | 4,30 |                | 14,01          | 155,39         |
| 91  | 4,45 |                | 10,91          | 114,88         |
| 94  | 4,60 |                | 8,44           | 94,89          |
| 97  | 4,75 |                | 6,71           | 79,57          |
| 100 | 4,90 |                | 5,58           | 68,88          |
| 103 | 5,05 |                | 4,80           | 61,24          |
| 106 | 5,20 |                | 4,17           | 55,05          |
| 109 | 5,35 |                | 3,67           | 50,15          |
| 112 | 5,50 |                | 3,29           | 46,49          |
| 115 | 5,65 |                | 3,02           | 44,01          |
| 118 | 5,80 |                | 2,87           | 42,64          |
| 121 | 5,95 |                | 2,82           | 42,32          |

Combinazione n° 11 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kg/cmq]       | [kg/cmq]        | [kg/cmq]        |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,01           | -0,17           | -0,17           |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,06           | -0,82           | -0,55           |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,14           | -1,94           | -0,46           |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,33           | -4,06           | 1,14            |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,72           | -8,03           | 9,68            |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 1,35           | -13,61          | 28,70           |

| n° | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|----|------|----------------|----------------|----------------|
|    | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 19 | 0,90 | 10,05          | 1,90           | -18,18         |
| 22 | 1,05 |                | 11,12          | 202,17         |
| 25 | 1,20 |                | 16,58          | 328,26         |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 28  | 1,35 |                | 23,49          | 496,54         |
| 31  | 1,50 |                | 31,74          | 704,60         |
| 34  | 1,60 |                | 37,49          | 869,46         |
| 37  | 1,75 |                | 44,80          | 1079,22        |
| 40  | 1,90 |                | 50,71          | 1248,71        |
| 43  | 2,05 |                | 55,36          | 1381,37        |
| 46  | 2,20 |                | 58,12          | 1458,45        |
| 49  | 2,35 |                | 59,07          | 1482,24        |
| 52  | 2,50 |                | 58,54          | 1462,38        |
| 55  | 2,65 |                | 56,83          | 1407,59        |
| 58  | 2,80 |                | 54,19          | 1325,66        |
| 61  | 2,95 |                | 50,85          | 1223,45        |
| 64  | 3,10 |                | 47,02          | 1106,95        |
| 67  | 3,25 |                | 42,86          | 981,36         |
| 70  | 3,40 |                | 38,52          | 851,10         |
| 73  | 3,55 |                | 34,11          | 719,95         |
| 76  | 3,70 |                | 29,74          | 591,14         |
| 79  | 3,85 |                | 25,48          | 467,50         |
| 82  | 4,00 |                | 21,40          | 351,66         |
| 85  | 4,15 |                | 17,55          | 246,44         |
| 88  | 4,30 |                | 14,01          | 155,39         |
| 91  | 4,45 |                | 10,91          | 114,88         |
| 94  | 4,60 |                | 8,44           | 94,89          |
| 97  | 4,75 |                | 6,71           | 79,57          |
| 100 | 4,90 |                | 5,58           | 68,88          |
| 103 | 5,05 |                | 4,80           | 61,24          |
| 106 | 5,20 |                | 4,17           | 55,05          |
| 109 | 5,35 |                | 3,67           | 50,15          |
| 112 | 5,50 |                | 3,29           | 46,49          |
| 115 | 5,65 |                | 3,02           | 44,01          |
| 118 | 5,80 |                | 2,87           | 42,64          |
| 121 | 5,95 |                | 2,82           | 42,32          |

Combinazione n° 12 - SLD

| n° | Y    | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|----|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kg/cmq]       | [kg/cmq]        | [kg/cmq]        |
| 2  | 0,05 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,01           | -0,17           | -0,17           |
| 5  | 0,20 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,06           | -0,83           | -0,54           |
| 8  | 0,35 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,15           | -2,01           | -0,39           |
| 11 | 0,50 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,36           | -4,36           | 1,78            |
| 14 | 0,65 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0,80           | -8,68           | 12,32           |
| 17 | 0,80 | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 1,49           | -14,69          | 34,24           |

| n° | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|----|------|----------------|----------------|----------------|
|    | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 19 | 0,90 | 10,05          | 2,10           | -19,65         |
| 22 | 1,05 |                | 12,46          | 239,84         |
| 25 | 1,20 |                | 18,58          | 385,18         |
| 28 | 1,35 |                | 26,32          | 578,19         |
| 31 | 1,50 |                | 35,60          | 817,08         |
| 34 | 1,60 |                | 42,07          | 1003,51        |
| 37 | 1,75 |                | 50,29          | 1240,78        |
| 40 | 1,90 |                | 56,95          | 1432,70        |
| 43 | 2,05 |                | 62,20          | 1583,21        |
| 46 | 2,20 |                | 65,33          | 1671,24        |
| 49 | 2,35 |                | 66,43          | 1699,37        |
| 52 | 2,50 |                | 65,87          | 1678,41        |
| 55 | 2,65 |                | 63,97          | 1618,16        |
| 58 | 2,80 |                | 61,04          | 1527,33        |
| 61 | 2,95 |                | 57,32          | 1413,64        |
| 64 | 3,10 |                | 53,05          | 1283,79        |
| 67 | 3,25 |                | 48,41          | 1143,57        |
| 70 | 3,40 |                | 43,57          | 997,94         |
| 73 | 3,55 |                | 38,66          | 851,08         |
| 76 | 3,70 |                | 33,78          | 706,53         |
| 79 | 3,85 |                | 29,03          | 567,30         |
| 82 | 4,00 |                | 24,48          | 436,09         |
| 85 | 4,15 |                | 20,18          | 315,55         |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n°  | Y    | A <sub>f</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>f</sub> |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|
|     | [m]  | [cmq]          | [kg/cmq]       | [kg/cmq]       |
| 88  | 4,30 |                | 16,19          | 208,84         |
| 91  | 4,45 |                | 12,61          | 127,98         |
| 94  | 4,60 |                | 9,63           | 104,86         |
| 97  | 4,75 |                | 7,43           | 86,20          |
| 100 | 4,90 |                | 6,00           | 72,97          |
| 103 | 5,05 |                | 5,07           | 63,95          |
| 106 | 5,20 |                | 4,36           | 56,94          |
| 109 | 5,35 |                | 3,79           | 51,38          |
| 112 | 5,50 |                | 3,36           | 47,20          |
| 115 | 5,65 |                | 3,06           | 44,35          |
| 118 | 5,80 |                | 2,88           | 42,75          |
| 121 | 5,95 |                | 2,82           | 42,33          |

VERIFICA ARMATURA (VERIFICA A FESSURAZIONE)

Simbologia adottata

|                  |   |
|------------------|---|
| Tipo             | Tipo della Combinazione/Fase                    |
| Oggetto          | Muro/Paratia                                    |
| Y                | Ordinata sezione, espresso in [m]               |
| M                | Momento agente, espresso in [kgm]               |
| M <sub>f</sub>   | Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]   |
| s                | Distanza media tra le fessure, espressa in [mm] |
| ε <sub>sm</sub>  | Deformazione nelle fessure, espressa in [%]     |
| w <sub>lim</sub> | Apertura limite fessure, espressa in [mm]       |
| w <sub>k</sub>   | Ampiezza fessure, espressa in [mm]              |

Combinazione n° 7 - SLE - Frequente

| n° | Y    | M     | M <sub>f</sub> | s     | ε <sub>sm</sub> | w <sub>lim</sub> | w <sub>k</sub> |
|----|------|-------|----------------|-------|-----------------|------------------|----------------|
|    | [m]  | [kgm] | [kgm]          | [mm]  | [%]             | [mm]             | [mm]           |
| 1  | 0,00 | 0     | 2446           | 0,000 | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 4  | 0,15 | 1     | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 7  | 0,30 | 5     | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 10 | 0,45 | 17    | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 13 | 0,60 | 39    | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 16 | 0,75 | 74    | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 19 | 0,90 | 125   | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |

| N° | Y    | M     | M <sub>f</sub> | s       | ε <sub>sm</sub> | w <sub>lim</sub> | w <sub>k</sub> |
|----|------|-------|----------------|---------|-----------------|------------------|----------------|
|    | [m]  | [kgm] | [kgm]          | [mm]    | [%]             | [mm]             | [mm]           |
| 19 | 0,90 | 244   | -2446          | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 22 | 1,05 | 376   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 25 | 1,20 | 549   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 28 | 1,35 | 765   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 31 | 1,50 | 1022  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 34 | 1,60 | 1195  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 37 | 1,75 | 1415  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 40 | 1,90 | 1594  | 1510           | 222,827 | 0.0238          | 0,400            | 0,090          |
| 43 | 2,05 | 1735  | 1510           | 222,827 | 0.0297          | 0,400            | 0,113          |
| 46 | 2,20 | 1819  | 1510           | 222,827 | 0.0353          | 0,400            | 0,134          |
| 49 | 2,35 | 1849  | 1510           | 222,827 | 0.0370          | 0,400            | 0,140          |
| 52 | 2,50 | 1834  | 1510           | 222,827 | 0.0356          | 0,400            | 0,135          |
| 55 | 2,65 | 1784  | 1510           | 222,827 | 0.0316          | 0,400            | 0,120          |
| 58 | 2,80 | 1706  | 1510           | 222,827 | 0.0255          | 0,400            | 0,097          |
| 61 | 2,95 | 1607  | 1510           | 222,827 | 0.0233          | 0,400            | 0,088          |
| 64 | 3,10 | 1493  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 67 | 3,25 | 1370  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 70 | 3,40 | 1242  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 73 | 3,55 | 1112  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 76 | 3,70 | 983   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 79 | 3,85 | 859   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 82 | 4,00 | 740   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 85 | 4,15 | 629   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 88 | 4,30 | 526   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 91 | 4,45 | 432   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 94 | 4,60 | 348   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |
| 97 | 4,75 | 273   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,400            | 0,000          |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| N°  | Y    | M     | Mf    | s     | $\epsilon_{sm}$ | $W_{lim}$ | $W_k$ |
|-----|------|-------|-------|-------|-----------------|-----------|-------|
|     | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]  | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 100 | 4,90 | 208   | 1510  | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 103 | 5,05 | 152   | 1510  | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 106 | 5,20 | 106   | 1510  | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 109 | 5,35 | 69    | 1510  | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 112 | 5,50 | 40    | 1510  | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 115 | 5,65 | 19    | 1510  | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 118 | 5,80 | 6     | 1510  | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 121 | 5,95 | 0     | 0     | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |

Combinazione n° 8 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | M     | Mf    | s     | $\epsilon_{sm}$ | $W_{lim}$ | $W_k$ |
|----|------|-------|-------|-------|-----------------|-----------|-------|
|    | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]  | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 1  | 0,00 | 0     | 2446  | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 4  | 0,15 | 1     | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 7  | 0,30 | 5     | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 10 | 0,45 | 17    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 13 | 0,60 | 39    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 16 | 0,75 | 74    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 19 | 0,90 | 125   | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |

| N°  | Y    | M     | Mf    | s       | $\epsilon_{sm}$ | $W_{lim}$ | $W_k$ |
|-----|------|-------|-------|---------|-----------------|-----------|-------|
|     | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]    | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 19  | 0,90 | 244   | -2446 | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 22  | 1,05 | 376   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 25  | 1,20 | 549   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 28  | 1,35 | 765   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 31  | 1,50 | 1022  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 34  | 1,60 | 1195  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 37  | 1,75 | 1415  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 40  | 1,90 | 1594  | 1510  | 222,827 | 0.0238          | 0,300     | 0,090 |
| 43  | 2,05 | 1735  | 1510  | 222,827 | 0.0297          | 0,300     | 0,113 |
| 46  | 2,20 | 1819  | 1510  | 222,827 | 0.0353          | 0,300     | 0,134 |
| 49  | 2,35 | 1849  | 1510  | 222,827 | 0.0370          | 0,300     | 0,140 |
| 52  | 2,50 | 1834  | 1510  | 222,827 | 0.0356          | 0,300     | 0,135 |
| 55  | 2,65 | 1784  | 1510  | 222,827 | 0.0316          | 0,300     | 0,120 |
| 58  | 2,80 | 1706  | 1510  | 222,827 | 0.0255          | 0,300     | 0,097 |
| 61  | 2,95 | 1607  | 1510  | 222,827 | 0.0233          | 0,300     | 0,088 |
| 64  | 3,10 | 1493  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 67  | 3,25 | 1370  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 70  | 3,40 | 1242  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 73  | 3,55 | 1112  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 76  | 3,70 | 983   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 79  | 3,85 | 859   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 82  | 4,00 | 740   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 85  | 4,15 | 629   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 88  | 4,30 | 526   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 91  | 4,45 | 432   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 94  | 4,60 | 348   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 97  | 4,75 | 273   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 100 | 4,90 | 208   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 103 | 5,05 | 152   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 106 | 5,20 | 106   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 109 | 5,35 | 69    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 112 | 5,50 | 40    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 115 | 5,65 | 19    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 118 | 5,80 | 6     | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 121 | 5,95 | 0     | 0     | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |

Combinazione n° 10 - SLE - Frequente

| n° | Y    | M     | Mf    | s     | $\epsilon_{sm}$ | $W_{lim}$ | $W_k$ |
|----|------|-------|-------|-------|-----------------|-----------|-------|
|    | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]  | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 1  | 0,00 | 0     | 2446  | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 4  | 0,15 | 1     | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 7  | 0,30 | 5     | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 10 | 0,45 | 17    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 13 | 0,60 | 39    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 16 | 0,75 | 74    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |



## COMUNE DI NAPOLI – Città Metropolitana di Napoli

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE POZZOLANICO UBICATO A MONTE  
DELLO STABILE IN VIA FRANCESCO FEO N°18  
PROGETTO ESECUTIVO

### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| n° | Y    | M     | Mf    | s     | $\epsilon_{sm}$ | $w_{lim}$ | $w_k$ |
|----|------|-------|-------|-------|-----------------|-----------|-------|
|    | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]  | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 19 | 0,90 | 125   | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |

| N°  | Y    | M     | Mf    | s       | $\epsilon_{sm}$ | $w_{lim}$ | $w_k$ |
|-----|------|-------|-------|---------|-----------------|-----------|-------|
|     | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]    | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 19  | 0,90 | 244   | -2446 | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 22  | 1,05 | 376   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 25  | 1,20 | 549   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 28  | 1,35 | 765   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 31  | 1,50 | 1022  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 34  | 1,60 | 1195  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 37  | 1,75 | 1415  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 40  | 1,90 | 1594  | 1510  | 222,827 | 0.0238          | 0,400     | 0,090 |
| 43  | 2,05 | 1735  | 1510  | 222,827 | 0.0297          | 0,400     | 0,113 |
| 46  | 2,20 | 1819  | 1510  | 222,827 | 0.0353          | 0,400     | 0,134 |
| 49  | 2,35 | 1849  | 1510  | 222,827 | 0.0370          | 0,400     | 0,140 |
| 52  | 2,50 | 1834  | 1510  | 222,827 | 0.0356          | 0,400     | 0,135 |
| 55  | 2,65 | 1784  | 1510  | 222,827 | 0.0316          | 0,400     | 0,120 |
| 58  | 2,80 | 1706  | 1510  | 222,827 | 0.0255          | 0,400     | 0,097 |
| 61  | 2,95 | 1607  | 1510  | 222,827 | 0.0233          | 0,400     | 0,088 |
| 64  | 3,10 | 1493  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 67  | 3,25 | 1370  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 70  | 3,40 | 1242  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 73  | 3,55 | 1112  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 76  | 3,70 | 983   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 79  | 3,85 | 859   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 82  | 4,00 | 740   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 85  | 4,15 | 629   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 88  | 4,30 | 526   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 91  | 4,45 | 432   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 94  | 4,60 | 348   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 97  | 4,75 | 273   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 100 | 4,90 | 208   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 103 | 5,05 | 152   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 106 | 5,20 | 106   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 109 | 5,35 | 69    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 112 | 5,50 | 40    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 115 | 5,65 | 19    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 118 | 5,80 | 6     | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |
| 121 | 5,95 | 0     | 0     | 0,000   | 0.0000          | 0,400     | 0,000 |

#### Combinazione n° 11 - SLE - Quasi permanente

| n° | Y    | M     | Mf    | s     | $\epsilon_{sm}$ | $w_{lim}$ | $w_k$ |
|----|------|-------|-------|-------|-----------------|-----------|-------|
|    | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]  | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 1  | 0,00 | 0     | 2446  | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 4  | 0,15 | 1     | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 7  | 0,30 | 5     | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 10 | 0,45 | 17    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 13 | 0,60 | 39    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 16 | 0,75 | 74    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 19 | 0,90 | 125   | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |

| N° | Y    | M     | Mf    | s       | $\epsilon_{sm}$ | $w_{lim}$ | $w_k$ |
|----|------|-------|-------|---------|-----------------|-----------|-------|
|    | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]    | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 19 | 0,90 | 244   | -2446 | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 22 | 1,05 | 376   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 25 | 1,20 | 549   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 28 | 1,35 | 765   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 31 | 1,50 | 1022  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 34 | 1,60 | 1195  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 37 | 1,75 | 1415  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 40 | 1,90 | 1594  | 1510  | 222,827 | 0.0238          | 0,300     | 0,090 |
| 43 | 2,05 | 1735  | 1510  | 222,827 | 0.0297          | 0,300     | 0,113 |
| 46 | 2,20 | 1819  | 1510  | 222,827 | 0.0353          | 0,300     | 0,134 |
| 49 | 2,35 | 1849  | 1510  | 222,827 | 0.0370          | 0,300     | 0,140 |
| 52 | 2,50 | 1834  | 1510  | 222,827 | 0.0356          | 0,300     | 0,135 |
| 55 | 2,65 | 1784  | 1510  | 222,827 | 0.0316          | 0,300     | 0,120 |
| 58 | 2,80 | 1706  | 1510  | 222,827 | 0.0255          | 0,300     | 0,097 |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

| N°  | Y    | M     | Mf    | S       | $\epsilon_{sm}$ | $W_{lim}$ | $W_k$ |
|-----|------|-------|-------|---------|-----------------|-----------|-------|
|     | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]    | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 61  | 2,95 | 1607  | 1510  | 222,827 | 0.0233          | 0,300     | 0,088 |
| 64  | 3,10 | 1493  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 67  | 3,25 | 1370  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 70  | 3,40 | 1242  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 73  | 3,55 | 1112  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 76  | 3,70 | 983   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 79  | 3,85 | 859   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 82  | 4,00 | 740   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 85  | 4,15 | 629   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 88  | 4,30 | 526   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 91  | 4,45 | 432   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 94  | 4,60 | 348   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 97  | 4,75 | 273   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 100 | 4,90 | 208   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 103 | 5,05 | 152   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 106 | 5,20 | 106   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 109 | 5,35 | 69    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 112 | 5,50 | 40    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 115 | 5,65 | 19    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 118 | 5,80 | 6     | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 121 | 5,95 | 0     | 0     | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |

Combinazione n° 12 - SLD

| n° | Y    | M     | Mf    | S     | $\epsilon_{sm}$ | $W_{lim}$ | $W_k$ |
|----|------|-------|-------|-------|-----------------|-----------|-------|
|    | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]  | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 1  | 0,00 | 0     | 2446  | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 4  | 0,15 | 1     | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 7  | 0,30 | 5     | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 10 | 0,45 | 18    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 13 | 0,60 | 43    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 16 | 0,75 | 82    | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 19 | 0,90 | 137   | -2446 | 0,000 | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |

| N°  | Y    | M     | Mf    | S       | $\epsilon_{sm}$ | $W_{lim}$ | $W_k$ |
|-----|------|-------|-------|---------|-----------------|-----------|-------|
|     | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]    | [%]             | [mm]      | [mm]  |
| 19  | 0,90 | 269   | -2446 | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 22  | 1,05 | 415   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 25  | 1,20 | 608   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 28  | 1,35 | 849   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 31  | 1,50 | 1137  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 34  | 1,60 | 1332  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 37  | 1,75 | 1580  | 1510  | 222,827 | 0.0236          | 0,300     | 0,090 |
| 40  | 1,90 | 1781  | 1510  | 222,827 | 0.0335          | 0,300     | 0,127 |
| 43  | 2,05 | 1940  | 1510  | 222,827 | 0.0439          | 0,300     | 0,166 |
| 46  | 2,20 | 2036  | 1510  | 222,827 | 0.0498          | 0,300     | 0,189 |
| 49  | 2,35 | 2070  | 1510  | 222,827 | 0.0516          | 0,300     | 0,195 |
| 52  | 2,50 | 2054  | 1510  | 222,827 | 0.0502          | 0,300     | 0,190 |
| 55  | 2,65 | 1998  | 1510  | 222,827 | 0.0463          | 0,300     | 0,175 |
| 58  | 2,80 | 1911  | 1510  | 222,827 | 0.0401          | 0,300     | 0,152 |
| 61  | 2,95 | 1801  | 1510  | 222,827 | 0.0321          | 0,300     | 0,122 |
| 64  | 3,10 | 1674  | 1510  | 222,827 | 0.0245          | 0,300     | 0,093 |
| 67  | 3,25 | 1536  | 1510  | 222,827 | 0.0218          | 0,300     | 0,083 |
| 70  | 3,40 | 1392  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 73  | 3,55 | 1247  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 76  | 3,70 | 1103  | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 79  | 3,85 | 964   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 88  | 4,30 | 591   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 91  | 4,45 | 485   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 94  | 4,60 | 391   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 97  | 4,75 | 307   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 100 | 4,90 | 233   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 103 | 5,05 | 171   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 106 | 5,20 | 119   | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 109 | 5,35 | 77    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 112 | 5,50 | 45    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 115 | 5,65 | 21    | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 118 | 5,80 | 7     | 1510  | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |
| 121 | 5,95 | 0     | 0     | 0,000   | 0.0000          | 0,300     | 0,000 |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

**VERIFICA ARMATURA – SEZIONI CRITICHE (VERIFICA A FLESSIONE)**

*Simbologia adottata*

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della combinazione/fase  |
| Tipo | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y    | ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]                      |
| M    | momento flettente espresso in [kgm]   |
| N    | sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)                                    |
| Mu   | momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]   |
| Nu   | sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]   |
| FS   | fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio) |

Larghezza sezione muro: B = 100,00 cm

| n° | Tipo      | Y<br>[m] | H<br>[cm] | Afi<br>[cmq] | Afs<br>[mq] | M<br>[kgm] | N<br>[kg] | Mu<br>[kgm] | Nu<br>[kg] | FS     |
|----|-----------|----------|-----------|--------------|-------------|------------|-----------|-------------|------------|--------|
| 1  | SLU - STR | 0,90     | 25,00     | 7,70         | 7,70        | 318        | 1101      | 9477        | 32769      | 58.255 |
| 2  | SLU - STR | 0,90     | 25,00     | 7,70         | 7,70        | 318        | 1101      | 9477        | 32769      | 58.255 |
| 3  | SLU - GEO | 0,90     | 25,00     | 7,70         | 7,70        | 316        | 1101      | 9510        | 33105      | 58.853 |
| 4  | SLU - GEO | 0,90     | 25,00     | 7,70         | 7,70        | 316        | 1101      | 9510        | 33105      | 58.853 |
| 5  | SLV - GEO | 0,90     | 25,00     | 7,70         | 7,70        | 385        | 1101      | 8737        | 25001      | 44.446 |

| Y<br>[m] | n° - Tipo     | Af<br>[cmq] | M<br>[kgm] | N<br>[kg] | Mu<br>[kgm] | Nu<br>[kg] | FS    |
|----------|---------------|-------------|------------|-----------|-------------|------------|-------|
| 2,35     | 1 - SLU - STR | 10,05       | 2405       | 2835      | 6263        | 7382       | 2.604 |
| 2,35     | 2 - SLU - STR | 10,05       | 2405       | 2835      | 6263        | 7382       | 2.604 |
| 2,35     | 3 - SLU - GEO | 10,05       | 2228       | 2835      | 6329        | 8054       | 2.841 |
| 2,35     | 4 - SLU - GEO | 10,05       | 2228       | 2835      | 6329        | 8054       | 2.841 |
| 2,35     | 5 - SLV - GEO | 10,05       | 2834       | 2835      | 6141        | 6142       | 2.167 |

**VERIFICA ARMATURA – SEZIONI CRITICHE (VERIFICA A TAGLIO)**

*Simbologia adottata*

|                  |   |
|------------------|---|
| n°               | numero d'ordine della sezione   |
| Tipo             | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y                | ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]                 |
| A <sub>sw</sub>  | area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]                           |
| s                | interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]        |
| A <sub>sag</sub> | area armatura sagomati, espressa in [cmq]                                   |
| V <sub>Ed</sub>  | taglio agente sul palo, espresso in [kg]                                    |
| V <sub>Rd</sub>  | taglio resistente, espresso in [kg]   |
| FS               | coefficiente di sicurezza (rapporto tra V <sub>Rd</sub> / V <sub>Ed</sub> ) |

La verifica a taglio del muro è stata eseguita considerando una sezione rettangolare di larghezza B = 100,00 cm

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 34,14 cm

| N° | Tipo      | Y<br>[m] | H<br>[cm] | A <sub>sw</sub><br>[cmq] | V <sub>Ed</sub><br>[kg] | V <sub>Rd</sub><br>[kg] | FS     |
|----|-----------|----------|-----------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|
| 1  | SLU - STR | 0,90     | 25,00     | 0,00                     | 507                     | 10539                   | 20.780 |
| 2  | SLU - STR | 0,90     | 25,00     | 0,00                     | 507                     | 10539                   | 20.780 |
| 3  | SLU - GEO | 0,90     | 25,00     | 0,00                     | 483                     | 10539                   | 21.834 |
| 4  | SLU - GEO | 0,90     | 25,00     | 0,00                     | 483                     | 10539                   | 21.834 |
| 5  | SLV - GEO | 0,90     | 25,00     | 0,00                     | 599                     | 10539                   | 17.590 |

| Y<br>[m] | n° - Tipo     | A <sub>sw</sub><br>[cmq] | s<br>[cm] | V <sub>Ed</sub><br>[kg] | V <sub>Rd</sub><br>[kg] | FS     |
|----------|---------------|--------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|--------|
| 1,50     | 1 - SLU - STR | 1,01                     | 10,00     | 2394                    | 23922                   | 9.991  |
| 1,50     | 2 - SLU - STR | 1,01                     | 10,00     | 2394                    | 23922                   | 9.991  |
| 1,50     | 3 - SLU - GEO | 1,01                     | 10,00     | 2188                    | 23922                   | 10.931 |
| 1,50     | 4 - SLU - GEO | 1,01                     | 10,00     | 2188                    | 23922                   | 10.931 |
| 1,50     | 5 - SLV - GEO | 1,01                     | 10,00     | 2821                    | 23922                   | 8.479  |



## VERIFICA ARMATURA – SEZIONI CRITICHE (VERIFICA TENSIONI)

### Simbologia adottata

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| n°                                | numero d'ordine della sezione                              |
| Y                                 | ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m] |
| A <sub>f</sub>                    | area di armatura espressa in [cmq]                         |
| σ <sub>c</sub>                    | tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]             |
| σ <sub>f</sub>                    | tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]                 |
| A <sub>fs</sub> , A <sub>fi</sub> | area armatura superiore ed inferiore espressa in [cmq]     |
| A <sub>sw</sub>                   | area armatura sagomati espressa in [cmq]                   |
| σ <sub>fi</sub>                   | tensione nelle armature inferiori espressa in [kg/cmq]     |
| σ <sub>fs</sub>                   | tensione nelle armature superiori espressa in [kg/cmq]     |

Larghezza sezione muro: B = 100,00 cm

| n° | Tipo                   | A <sub>fi</sub><br>[cmq] | A <sub>fs</sub><br>[cmq] | σ <sub>c</sub><br>[kg/cmq] | Y<br>[m] | σ <sub>fi</sub><br>[kg/cmq] | Y<br>[m] | σ <sub>fs</sub><br>[kg/cmq] | Y<br>[m] |
|----|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|
| 6  | SLE - Rara             | 7,70                     | 7,70                     | 1,90                       | 0,90     | -18,18                      | 0,90     | 47,32                       | 0,90     |
| 7  | SLE - Frequente        | 7,70                     | 7,70                     | 1,90                       | 0,90     | -18,18                      | 0,90     | 47,32                       | 0,90     |
| 8  | SLE - Quasi permanente | 7,70                     | 7,70                     | 1,90                       | 0,90     | -18,18                      | 0,90     | 47,32                       | 0,90     |
| 9  | SLE - Rara             | 7,70                     | 7,70                     | 1,90                       | 0,90     | -18,18                      | 0,90     | 47,32                       | 0,90     |
| 10 | SLE - Frequente        | 7,70                     | 7,70                     | 1,90                       | 0,90     | -18,18                      | 0,90     | 47,32                       | 0,90     |
| 11 | SLE - Quasi permanente | 7,70                     | 7,70                     | 1,90                       | 0,90     | -18,18                      | 0,90     | 47,32                       | 0,90     |
| 12 | SLD                    | 7,70                     | 7,70                     | 2,10                       | 0,90     | -19,65                      | 0,90     | 55,39                       | 0,90     |

| n° - Tipo                   | A <sub>f</sub><br>[cmq] | σ <sub>c</sub><br>[kg/cmq] | Y<br>[m] | σ <sub>f</sub><br>[kg/cmq] | Y<br>[m] |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|
| 6 - SLE - Rara              | 10,05                   | 59,07                      | 2,35     | 1482,24                    | 2,35     |
| 7 - SLE - Frequente         | 10,05                   | 59,07                      | 2,35     | 1482,24                    | 2,35     |
| 8 - SLE - Quasi permanente  | 10,05                   | 59,07                      | 2,35     | 1482,24                    | 2,35     |
| 9 - SLE - Rara              | 10,05                   | 59,07                      | 2,35     | 1482,24                    | 2,35     |
| 10 - SLE - Frequente        | 10,05                   | 59,07                      | 2,35     | 1482,24                    | 2,35     |
| 11 - SLE - Quasi permanente | 10,05                   | 59,07                      | 2,35     | 1482,24                    | 2,35     |
| 12 - SLD                    | 10,05                   | 66,43                      | 2,35     | 1699,37                    | 2,35     |

## VERIFICA ARMATURA – SEZIONI CRITICHE (VERIFICA A FESSURAZIONE)

### Simbologia adottata

|                  |   |
|------------------|---|
| Tipo             | Tipo della Combinazione/Fase                    |
| Oggetto          | Muro/Paratia                                    |
| Y                | Ordinata sezione, espresso in [m]               |
| M                | Momento agente, espresso in [kgm]               |
| M <sub>f</sub>   | Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]   |
| s                | Distanza media tra le fessure, espressa in [mm] |
| ε <sub>sm</sub>  | Deformazione nelle fessure, espressa in [%]     |
| w <sub>lim</sub> | Apertura limite fessure, espressa in [mm]       |
| w <sub>k</sub>   | Apertura fessure, espressa in [mm]              |

| Oggetto | Tipo                   | Y<br>[m] | M<br>[kgm] | M <sub>f</sub><br>[kgm] | s<br>[mm] | ε <sub>sm</sub><br>[%] | w <sub>lim</sub><br>[mm] | w <sub>k</sub><br>[mm] |
|---------|------------------------|----------|------------|-------------------------|-----------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| Muro    | SLE - Frequente        | 0,90     | 244        | -2446                   | 0,000     | 0.0000                 | 0,400                    | 0,000                  |
| Paratia |                        | 2,35     | 1849       | 1510                    | 222,827   | 0.0370                 | 0,400                    | 0,140                  |
| Muro    | SLE - Quasi permanente | 0,90     | 244        | -2446                   | 0,000     | 0.0000                 | 0,300                    | 0,000                  |
| Paratia |                        | 2,35     | 1849       | 1510                    | 222,827   | 0.0370                 | 0,300                    | 0,140                  |
| Muro    | SLE - Frequente        | 0,90     | 244        | -2446                   | 0,000     | 0.0000                 | 0,400                    | 0,000                  |
| Paratia |                        | 2,35     | 1849       | 1510                    | 222,827   | 0.0370                 | 0,400                    | 0,140                  |
| Muro    | SLE - Quasi permanente | 0,90     | 244        | -2446                   | 0,000     | 0.0000                 | 0,300                    | 0,000                  |
| Paratia |                        | 2,35     | 1849       | 1510                    | 222,827   | 0.0370                 | 0,300                    | 0,140                  |
| Muro    | SLD                    | 0,90     | 269        | -2446                   | 0,000     | 0.0000                 | 0,300                    | 0,000                  |
| Paratia |                        | 2,35     | 2070       | 1510                    | 222,827   | 0.0516                 | 0,300                    | 0,195                  |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

**VERIFICHE STRUTTURALI – INVILUPPO (VERIFICA A FLESSIONE)**

*Simbologia adottata*

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della combinazione/fase  |
| Tipo | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y    | ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]                      |
| M    | momento flettente espresso in [kgm]   |
| N    | sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)                                    |
| Mu   | momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]   |
| Nu   | sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]   |
| FS   | fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio) |

Larghezza sezione muro: B = 100,00 cm

| Y    | n° - Tipo     | H     | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M     | N    | Mu    | Nu     | FS        |
|------|---------------|-------|-----------------|-----------------|-------|------|-------|--------|-----------|
| [m]  |               | [cm]  | [cmq]           | [cmq]           | [kgm] | [kg] | [kgm] | [kg]   |           |
| 0,05 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 0     | 61   | 747   | 347166 | 11109.298 |
| 0,20 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 6     | 245  | 7527  | 328863 | 2630.906  |
| 0,35 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 28    | 428  | 14735 | 224615 | 1026.812  |
| 0,50 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 76    | 611  | 15926 | 127707 | 408.663   |
| 0,65 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 157   | 795  | 11997 | 60618  | 149.213   |
| 0,80 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 7,70            | 7,70            | 278   | 978  | 9557  | 33600  | 67.199    |

| Y    | n° - Tipo     | A <sub>f</sub> | M     | N    | Mu    | Nu     | FS     |
|------|---------------|----------------|-------|------|-------|--------|--------|
| [m]  |               | [cmq]          | [kgm] | [kg] | [kgm] | [kg]   |        |
| 0,95 | 5 - SLV - GEO | 10,05          | 446   | 1223 | 7578  | 20776  | 16.990 |
| 1,10 | 5 - SLV - GEO |                | 667   | 1590 | 7232  | 17247  | 10.849 |
| 1,25 | 5 - SLV - GEO |                | 950   | 1957 | 6942  | 14296  | 7.307  |
| 1,40 | 5 - SLV - GEO |                | 1300  | 2323 | 6717  | 12004  | 5.166  |
| 1,55 | 5 - SLV - GEO |                | 1705  | 2584 | 6506  | 9858   | 3.815  |
| 1,70 | 5 - SLV - GEO |                | 2066  | 2631 | 6329  | 8061   | 3.064  |
| 1,85 | 5 - SLV - GEO |                | 2359  | 2678 | 6232  | 7073   | 2.641  |
| 2,00 | 5 - SLV - GEO |                | 2596  | 2725 | 6174  | 6482   | 2.379  |
| 2,15 | 5 - SLV - GEO |                | 2756  | 2772 | 6145  | 6181   | 2.230  |
| 2,30 | 5 - SLV - GEO |                | 2828  | 2819 | 6139  | 6121   | 2.171  |
| 2,45 | 5 - SLV - GEO |                | 2826  | 2866 | 6150  | 6238   | 2.176  |
| 2,60 | 5 - SLV - GEO |                | 2766  | 2914 | 6177  | 6507   | 2.233  |
| 2,75 | 5 - SLV - GEO |                | 2659  | 2961 | 6218  | 6924   | 2.339  |
| 2,90 | 5 - SLV - GEO |                | 2517  | 3008 | 6274  | 7499   | 2.493  |
| 3,05 | 5 - SLV - GEO |                | 2349  | 3055 | 6349  | 8257   | 2.703  |
| 3,20 | 5 - SLV - GEO |                | 2164  | 3102 | 6445  | 9239   | 2.978  |
| 3,35 | 5 - SLV - GEO |                | 1969  | 3149 | 6570  | 10506  | 3.336  |
| 3,50 | 5 - SLV - GEO |                | 1770  | 3196 | 6731  | 12153  | 3.802  |
| 3,65 | 5 - SLV - GEO |                | 1572  | 3243 | 6945  | 14325  | 4.417  |
| 3,80 | 5 - SLV - GEO |                | 1379  | 3291 | 7232  | 17254  | 5.244  |
| 3,95 | 5 - SLV - GEO |                | 1194  | 3338 | 7633  | 21331  | 6.391  |
| 4,10 | 5 - SLV - GEO |                | 1020  | 3385 | 8111  | 26921  | 7.954  |
| 4,25 | 5 - SLV - GEO |                | 858   | 3432 | 8621  | 34497  | 10.052 |
| 4,40 | 5 - SLV - GEO |                | 709   | 3479 | 9270  | 45491  | 13.076 |
| 4,55 | 5 - SLV - GEO |                | 575   | 3526 | 9868  | 60557  | 17.174 |
| 4,70 | 5 - SLV - GEO |                | 455   | 3573 | 10068 | 79076  | 22.130 |
| 4,85 | 5 - SLV - GEO |                | 350   | 3620 | 9758  | 100881 | 27.865 |
| 5,00 | 5 - SLV - GEO |                | 260   | 3667 | 8920  | 125783 | 34.297 |
| 5,15 | 5 - SLV - GEO |                | 184   | 3715 | 7470  | 150503 | 40.516 |
| 5,30 | 5 - SLV - GEO |                | 123   | 3762 | 5620  | 172474 | 45.850 |
| 5,45 | 5 - SLV - GEO |                | 74    | 3809 | 3448  | 177220 | 46.528 |
| 5,60 | 5 - SLV - GEO |                | 38    | 3856 | 1799  | 180825 | 46.895 |
| 5,75 | 5 - SLV - GEO |                | 15    | 3903 | 688   | 183253 | 46.951 |
| 5,90 | 5 - SLV - GEO |                | 2     | 3950 | 107   | 184523 | 46.712 |



**VERIFICHE STRUTTURALI – INVILUPPO (VERIFICA A TAGLIO)**

*Simbologia adottata*

|                  |   |
|------------------|---|
| n°               | numero d'ordine della sezione   |
| Tipo             | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y                | ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]                 |
| A <sub>sw</sub>  | area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]                           |
| s                | interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]        |
| A <sub>sag</sub> | area armatura sagomati, espressa in [cmq]                                   |
| V <sub>Ed</sub>  | taglio agente sul palo, espresso in [kg]                                    |
| V <sub>Rd</sub>  | taglio resistente, espresso in [kg]   |
| FS               | coefficiente di sicurezza (rapporto tra V <sub>Rd</sub> / V <sub>Ed</sub> ) |

La verifica a taglio del muro è stata eseguita considerando una sezione rettangolare di larghezza B = 100,00 cm

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 34,14 cm

| Y    | n° - Tipo     | H     | A <sub>sag</sub> | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS       |
|------|---------------|-------|------------------|-----------------|-----------------|----------|
| [m]  |               | [cm]  | [cmq]            | [kg]            | [kg]            |          |
| 0,05 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 0,00             | 3               | 10475           | 3893.403 |
| 0,20 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 0,00             | 41              | 10486           | 253.531  |
| 0,35 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 0,00             | 116             | 10498           | 90.776   |
| 0,50 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 0,00             | 216             | 10509           | 48.581   |
| 0,65 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 0,00             | 339             | 10520           | 31.002   |
| 0,80 | 5 - SLV - GEO | 25,00 | 0,00             | 489             | 10531           | 21.550   |

| Y    | n° - Tipo     | A <sub>sw</sub> | s     | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS      |
|------|---------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|---------|
| [m]  |               | [cmq]           | [cm]  | [kg]            | [kg]            |         |
| 0,95 | 5 - SLV - GEO | 1,01            | 10,00 | 1285            | 23865           | 18.567  |
| 1,10 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 1668            | 23881           | 14.318  |
| 1,25 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 2116            | 23896           | 11.296  |
| 1,40 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 2547            | 23912           | 9.390   |
| 1,55 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 2563            | 23923           | 9.333   |
| 1,70 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 2098            | 23925           | 11.405  |
| 1,85 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 1694            | 23927           | 14.123  |
| 2,00 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 1286            | 23929           | 18.608  |
| 2,15 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 658             | 23931           | 36.353  |
| 2,30 | 5 - SLV - GEO |                 |       | 138             | 23933           | 173.577 |
| 2,45 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -285            | 23935           | 83.920  |
| 2,60 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -621            | 23937           | 38.546  |
| 2,75 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -879            | 23939           | 27.223  |
| 2,90 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1070           | 23941           | 22.377  |
| 3,05 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1202           | 23943           | 19.926  |
| 3,20 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1283           | 23945           | 18.662  |
| 3,35 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1322           | 23947           | 18.112  |
| 3,50 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1326           | 23949           | 18.060  |
| 3,65 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1301           | 23951           | 18.404  |
| 3,80 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1254           | 23953           | 19.103  |
| 3,95 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1189           | 23954           | 20.153  |
| 4,10 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1110           | 23956           | 21.580  |
| 4,25 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -1022           | 23958           | 23.438  |
| 4,40 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -928            | 23960           | 25.817  |
| 4,55 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -830            | 23962           | 28.855  |
| 4,70 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -731            | 23964           | 32.761  |
| 4,85 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -633            | 23966           | 37.863  |
| 5,00 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -536            | 23968           | 44.695  |
| 5,15 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -442            | 23970           | 54.182  |
| 5,30 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -352            | 23972           | 68.080  |
| 5,45 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -266            | 23974           | 90.153  |
| 5,60 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -184            | 23976           | 130.202 |
| 5,75 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -107            | 23978           | 224.190 |
| 5,90 | 5 - SLV - GEO |                 |       | -34             | 23980           | 696.397 |

**VERIFICHE STRUTTURALI – INVILUPPO (VERIFICA TENSIONI)***Simbologia adottata*

|               |  |
|---------------|--|
| n°            | numero d'ordine della sezione                              |
| Y             | ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m] |
| Af            | area di armatura espressa in [cmq]                         |
| $\sigma_c$    | tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]             |
| $\sigma_f$    | tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]                 |
| Afs, Afi      | area armatura superiore ed inferiore espressa in [cmq]     |
| Asw           | area armatura sagomati espressa in [cmq]                   |
| $\sigma_{fi}$ | tensione nelle armature inferiori espressa in [kg/cmq]     |
| $\sigma_{fs}$ | tensione nelle armature superiori espressa in [kg/cmq]     |

Larghezza sezione muro: B = 100,00 cm

| Y    | Afi   | Afs   | $\sigma_c$ | n° - Tipo | $\sigma_{fi}$ | n° - Tipo      | $\sigma_{fs}$ | n° - Tipo      |
|------|-------|-------|------------|-----------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| [m]  | [cmq] | [cmq] | [kg/cmq]   |           | [kg/cmq]      |                | [kg/cmq]      |                |
| 0,05 | 0,00  | 0,00  | 0,01       | 12 - SLD  | 0,00          | 6 - SLE - Rara | 0,00          | 6 - SLE - Rara |
| 0,20 | 7,70  | 7,70  | 0,06       | 12 - SLD  | -0,82         | 6 - SLE - Rara | -0,55         | 6 - SLE - Rara |
| 0,35 | 7,70  | 7,70  | 0,15       | 12 - SLD  | -1,94         | 6 - SLE - Rara | -0,46         | 6 - SLE - Rara |
| 0,50 | 7,70  | 7,70  | 0,36       | 12 - SLD  | -4,06         | 9 - SLE - Rara | 1,78          | 12 - SLD       |
| 0,65 | 7,70  | 7,70  | 0,80       | 12 - SLD  | -8,03         | 9 - SLE - Rara | 12,32         | 12 - SLD       |
| 0,80 | 7,70  | 7,70  | 1,49       | 12 - SLD  | -13,61        | 9 - SLE - Rara | 28,70         | 9 - SLE - Rara |

| Y    | Af    | $\sigma_c$ | n° - Tipo | $\sigma_f$ | n° - Tipo      |
|------|-------|------------|-----------|------------|----------------|
| [m]  | [cmq] | [kg/cmq]   |           | [kg/cmq]   |                |
| 0,95 | 10,05 | 9,26       | 12 - SLD  | 140,82     | 6 - SLE - Rara |
| 1,10 | 10,05 | 14,32      | 12 - SLD  | 239,44     | 9 - SLE - Rara |
| 1,25 | 10,05 | 20,98      | 12 - SLD  | 379,77     | 6 - SLE - Rara |
| 1,40 | 10,05 | 29,24      | 12 - SLD  | 561,59     | 6 - SLE - Rara |
| 1,55 | 10,05 | 38,94      | 12 - SLD  | 789,65     | 9 - SLE - Rara |
| 1,70 | 10,05 | 47,74      | 12 - SLD  | 1014,05    | 6 - SLE - Rara |
| 1,85 | 10,05 | 54,89      | 12 - SLD  | 1196,35    | 9 - SLE - Rara |
| 2,00 | 10,05 | 60,64      | 12 - SLD  | 1342,03    | 6 - SLE - Rara |
| 2,15 | 10,05 | 64,53      | 12 - SLD  | 1439,18    | 6 - SLE - Rara |
| 2,30 | 10,05 | 66,26      | 12 - SLD  | 1479,62    | 6 - SLE - Rara |
| 2,45 | 10,05 | 66,22      | 12 - SLD  | 1473,29    | 6 - SLE - Rara |
| 2,60 | 10,05 | 64,73      | 12 - SLD  | 1429,24    | 9 - SLE - Rara |
| 2,75 | 10,05 | 62,12      | 12 - SLD  | 1355,54    | 9 - SLE - Rara |
| 2,90 | 10,05 | 58,64      | 12 - SLD  | 1259,38    | 6 - SLE - Rara |
| 3,05 | 10,05 | 54,53      | 12 - SLD  | 1147,04    | 6 - SLE - Rara |
| 3,20 | 10,05 | 49,99      | 12 - SLD  | 1023,95    | 9 - SLE - Rara |
| 3,35 | 10,05 | 45,20      | 12 - SLD  | 894,79     | 6 - SLE - Rara |
| 3,50 | 10,05 | 40,29      | 12 - SLD  | 763,55     | 9 - SLE - Rara |
| 3,65 | 10,05 | 35,40      | 12 - SLD  | 633,64     | 9 - SLE - Rara |
| 3,80 | 10,05 | 30,60      | 12 - SLD  | 507,98     | 6 - SLE - Rara |
| 3,95 | 10,05 | 25,97      | 12 - SLD  | 389,25     | 9 - SLE - Rara |
| 4,10 | 10,05 | 21,58      | 12 - SLD  | 354,37     | 12 - SLD       |
| 4,25 | 10,05 | 17,48      | 12 - SLD  | 242,63     | 12 - SLD       |
| 4,40 | 10,05 | 13,75      | 12 - SLD  | 122,32     | 9 - SLE - Rara |
| 4,55 | 10,05 | 10,54      | 12 - SLD  | 101,09     | 6 - SLE - Rara |
| 4,70 | 10,05 | 8,07       | 12 - SLD  | 84,12      | 6 - SLE - Rara |
| 4,85 | 10,05 | 6,41       | 12 - SLD  | 72,00      | 6 - SLE - Rara |
| 5,00 | 10,05 | 5,35       | 12 - SLD  | 63,60      | 9 - SLE - Rara |
| 5,15 | 10,05 | 4,58       | 12 - SLD  | 56,96      | 6 - SLE - Rara |
| 5,30 | 10,05 | 3,96       | 12 - SLD  | 51,64      | 9 - SLE - Rara |
| 5,45 | 10,05 | 3,49       | 12 - SLD  | 47,58      | 9 - SLE - Rara |
| 5,60 | 10,05 | 3,14       | 12 - SLD  | 44,71      | 6 - SLE - Rara |
| 5,75 | 10,05 | 2,93       | 12 - SLD  | 42,98      | 9 - SLE - Rara |
| 5,90 | 10,05 | 2,83       | 12 - SLD  | 42,32      | 9 - SLE - Rara |



**VERIFICHE STRUTTURALI – INVILUPPO (VERIFICA A FESSURAZIONE)**

*Simbologia adottata*

|                  |   |
|------------------|---|
| Tipo             | Tipo della Combinazione/Fase                    |
| Oggetto          | Muro/Paratia                                    |
| Y                | Ordinata sezione, espresso in [m]               |
| M                | Momento agente, espresso in [kgm]               |
| M <sub>f</sub>   | Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]   |
| s                | Distanza media tra le fessure, espressa in [mm] |
| ε <sub>sm</sub>  | Deformazione nelle fessure, espressa in [%]     |
| w <sub>lim</sub> | Apertura limite fessure, espressa in [mm]       |
| w <sub>k</sub>   | Ampiezza fessure, espressa in [mm]              |

| Y    | n° - Tipo | M     | M <sub>f</sub> | s     | ε <sub>sm</sub> | w <sub>lim</sub> | w <sub>k</sub> |
|------|-----------|-------|----------------|-------|-----------------|------------------|----------------|
| [m]  |           | [kgm] | [kgm]          | [mm]  | [%]             | [mm]             | [mm]           |
| 0,05 | 12 - SLD  | 0     | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 0,20 | 12 - SLD  | 2     | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 0,35 | 12 - SLD  | 9     | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 0,50 | 12 - SLD  | 25    | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 0,65 | 12 - SLD  | 54    | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 0,80 | 12 - SLD  | 98    | -2446          | 0,000 | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |

| Y    | n° - Tipo | M     | M <sub>f</sub> | s       | ε <sub>sm</sub> | w <sub>lim</sub> | w <sub>k</sub> |
|------|-----------|-------|----------------|---------|-----------------|------------------|----------------|
| [m]  |           | [kgm] | [kgm]          | [mm]    | [%]             | [mm]             | [mm]           |
| 0,95 | 12 - SLD  | 313   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 1,10 | 12 - SLD  | 474   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 1,25 | 12 - SLD  | 683   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 1,40 | 12 - SLD  | 940   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 1,55 | 12 - SLD  | 1238  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 1,70 | 12 - SLD  | 1503  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 1,85 | 12 - SLD  | 1719  | 1510           | 222,827 | 0.0291          | 0,300            | 0,110          |
| 2,00 | 12 - SLD  | 1893  | 1510           | 222,827 | 0.0409          | 0,300            | 0,155          |
| 2,15 | 12 - SLD  | 2011  | 1510           | 222,827 | 0.0483          | 0,300            | 0,183          |
| 2,30 | 12 - SLD  | 2065  | 1510           | 222,827 | 0.0514          | 0,300            | 0,195          |
| 2,45 | 12 - SLD  | 2064  | 1510           | 222,827 | 0.0510          | 0,300            | 0,193          |
| 2,60 | 12 - SLD  | 2021  | 1510           | 222,827 | 0.0479          | 0,300            | 0,181          |
| 2,75 | 12 - SLD  | 1943  | 1510           | 222,827 | 0.0424          | 0,300            | 0,161          |
| 2,90 | 12 - SLD  | 1840  | 1510           | 222,827 | 0.0350          | 0,300            | 0,132          |
| 3,05 | 12 - SLD  | 1718  | 1510           | 222,827 | 0.0258          | 0,300            | 0,098          |
| 3,20 | 12 - SLD  | 1583  | 1510           | 222,827 | 0.0227          | 0,300            | 0,086          |
| 3,35 | 12 - SLD  | 1441  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 3,50 | 12 - SLD  | 1295  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 3,65 | 12 - SLD  | 1151  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 3,80 | 12 - SLD  | 1010  | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 3,95 | 12 - SLD  | 874   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 4,10 | 12 - SLD  | 747   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 4,25 | 12 - SLD  | 628   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 4,40 | 12 - SLD  | 519   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 4,55 | 12 - SLD  | 421   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 4,70 | 12 - SLD  | 333   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 4,85 | 12 - SLD  | 257   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 5,00 | 12 - SLD  | 191   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 5,15 | 12 - SLD  | 135   | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 5,30 | 12 - SLD  | 90    | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 5,45 | 12 - SLD  | 54    | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 5,60 | 12 - SLD  | 28    | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 5,75 | 12 - SLD  | 11    | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |
| 5,90 | 12 - SLD  | 2     | 1510           | 0,000   | 0.0000          | 0,300            | 0,000          |



REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

**VERIFICHE STRUTTURALI – INVILUPPO SEZIONI CRITICHE (VERIFICA A FLESSIONE)**

*Simbologia adottata*

|      |   |
|------|---|
| n°   | Indice della combinazione/fase  |
| Tipo | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y    | ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]                      |
| M    | momento flettente espresso in [kgm]   |
| N    | sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)                                    |
| Mu   | momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]   |
| Nu   | sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]   |
| FS   | fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio) |

Larghezza sezione muro: B = 100,00 cm

| n° - Tipo     | Y    | H     | Afi   | Afs   | M     | N    | Mu    | Nu    | FS     |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
|               | [m]  | [cm]  | [cmq] | [cmq] | [kgm] | [kg] | [kgm] | [kg]  |        |
| 5 - SLV - GEO | 0,90 | 25,00 | 7,70  | 7,70  | 385   | 1101 | 8737  | 25001 | 44.446 |

| n° - Tipo     | Y    | Af    | M     | N    | Mu    | Nu   | FS    |
|---------------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|
|               | [m]  | [cmq] | [kgm] | [kg] | [kgm] | [kg] |       |
| 5 - SLV - GEO | 2,35 | 10,05 | 2834  | 2835 | 6141  | 6142 | 2.167 |

**VERIFICHE STRUTTURALI – INVILUPPO SEZIONI CRITICHE (VERIFICA A TAGLIO)**

*Simbologia adottata*

|                  |   |
|------------------|---|
| n°               | numero d'ordine della sezione   |
| Tipo             | Tipo della Combinazione/Fase  |
| Y                | ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]                 |
| A <sub>sw</sub>  | area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]                           |
| s                | interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]        |
| A <sub>sag</sub> | area armatura sagomati, espressa in [cmq]                                   |
| V <sub>Ed</sub>  | taglio agente sul palo, espresso in [kg]                                    |
| V <sub>Rd</sub>  | taglio resistente, espresso in [kg]   |
| FS               | coefficiente di sicurezza (rapporto tra V <sub>Rd</sub> / V <sub>Ed</sub> ) |

La verifica a taglio del muro è stata eseguita considerando una sezione rettangolare di larghezza B = 100,00 cm

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 34,14 cm

| n° - Tipo     | Y    | H     | A <sub>sw</sub> | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS     |
|---------------|------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
|               | [m]  | [cm]  | [cmq]           | [kg]            | [kg]            |        |
| 5 - SLV - GEO | 0,90 | 25,00 | 0,00            | 599             | 10539           | 17.590 |

| n° - Tipo     | Y    | A <sub>sw</sub> | s     | V <sub>Ed</sub> | V <sub>Rd</sub> | FS    |
|---------------|------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|-------|
|               | [m]  | [cmq]           | [cm]  | [kg]            | [kg]            |       |
| 5 - SLV - GEO | 1,50 | 1,01            | 10,00 | 2821            | 23922           | 8.479 |

**VERIFICHE STRUTTURALI – INVILUPPO SEZIONI CRITICHE (VERIFICA TENSIONI)**

*Simbologia adottata*

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| n°                                | numero d'ordine della sezione                                       |
| Y                                 | ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]          |
| Af                                | area di armatura espressa in [cmq]                                  |
| σ <sub>c</sub>                    | tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]         |
| σ <sub>f</sub>                    | tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]             |
| A <sub>fs</sub> , A <sub>fi</sub> | area armatura superiore ed inferiore espressa in [cmq]              |
| A <sub>sw</sub>                   | area armatura sagomati espressa in [cmq]                            |
| σ <sub>fi</sub>                   | tensione nelle armature inferiori espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| σ <sub>fs</sub>                   | tensione nelle armature superiori espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ] |

Larghezza sezione muro: B = 100,00 cm

| A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub>        | cmb | σ <sub>fi</sub>       | cmb | σ <sub>fs</sub>       | cmb |
|-----------------|-----------------|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|
| [cmq]           | [cmq]           | [kg/cm <sup>2</sup> ] |     | [kg/cm <sup>2</sup> ] |     | [kg/cm <sup>2</sup> ] |     |
| 7,70            | 7,70            | 2,10                  | 12  | -18,18                | 9   | 47,32                 | 6   |



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

| $A_f$ | $\sigma_c$ | cmb | $\sigma_f$ | cmb |
|-------|------------|-----|------------|-----|
| [cmq] | [kg/cmq]   |     | [kg/cmq]   |     |
| 10,05 | 66,43      | 12  | 1482,24    | 6   |

**VERIFICHE STRUTTURALI – INVILUPPO SEZIONI CRITICHE (VERIFICA A FESSURAZIONE)**

*Simbologia adottata*

|                    |   |
|--------------------|---|
| Tipo               | Tipo della Combinazione/Fase                    |
| Oggetto            | Muro/Paratia                                    |
| Y                  | Ordinata sezione, espresso in [m]               |
| M                  | Momento agente, espresso in [kgm]               |
| $M_f$              | Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]   |
| s                  | Distanza media tra le fessure, espressa in [mm] |
| $\varepsilon_{sm}$ | Deformazione nelle fessure, espressa in [%]     |
| $w_{lim}$          | Apertura limite fessure, espressa in [mm]       |
| $w_k$              | Ampiezza fessure, espressa in [mm]              |

| Oggetto | n° - Tipo | Y    | M     | $M_f$ | s       | $\varepsilon_{sm}$ | $w_{lim}$ | $w_k$ |
|---------|-----------|------|-------|-------|---------|--------------------|-----------|-------|
|         |           | [m]  | [kgm] | [kgm] | [mm]    | [%]                | [mm]      | [mm]  |
| Muro    | 12 - SLD  | 0,90 | 269   | -2446 | 0,000   | 0.0000             | 0,300     | 0,000 |
| Paratia | 12 - SLD  | 2,35 | 2070  | 1510  | 222,827 | 0.0516             | 0,300     | 0,195 |

COME MOSTRANO I RISULTATI RIPORTATI NELLE PRECEDENTI TABELLE TUTTE LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO E TUTTE LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO SONO SODDISFATTE.



## 22 ANALISI E VERIFICHE DEL RAFFORZAMENTO CORTICALE (OPERA 2)

Al fine di studiare il comportamento superficiale del terreno e quindi poter definire il tipo di rete più idonea al caso in esame, si è proceduto con l'analisi del problema mediante l'approccio di calcolo che viene di seguito descritto.

La protezione della superficie esposta del terreno è ottenuta con un rivestimento (facing), che ha lo scopo di contenere il terreno tra i chiodi, prevenire fenomeni di erosione e assumere una funzione estetica. Ovviamente i chiodi, in questo caso, hanno il compito di resistere alle forze di trazione che vengono trasmesse dalla rete.

Al fine di verificare separatamente gli stati limite di servizio e ultimo del facing in accordo alle EN 1997-1, è necessario individuare i carichi che vengono trasmessi dal terreno al flexible facing. I suddetti carichi vengono calcolati con il "metodo dei due cunei", nell'ipotesi che le forze agiscano direttamente sulla rete d'acciaio come un carico distribuito e che i due cunei siano contenuti nello spazio esistente tra i due chiodi adiacenti; nel calcolo viene fatto variare l'angolo d'inclinazione dei due cunei per massimizzare la forza agente. La forza totale risulterà essere:

$$T_{tot} = T_1 + T_2$$

con:

$$T_1 = \frac{[(W_1 + Q_1) \cdot (\tan \theta_1 - \tan \varphi'_1) + (U_1 \cdot \tan \varphi'_1 - K_1) / \cos \theta_1]}{(1 + \tan \theta_1 \cdot \tan \varphi'_1)}$$

$$T_2 = \frac{[(W_2 + Q_2) \cdot (\tan \theta_2 - \lambda_s \cdot \tan \varphi'_2) + \lambda_s \cdot (U_2 \cdot \tan \varphi'_2 - K_2) / \cos \theta_2]}{(1 + \lambda_s \cdot \tan \theta_2 \cdot \tan \varphi'_2)}$$

dove:

|             |      |   |
|-------------|------|---|
| $W_1$       | (kN) | Peso del cuneo 1;   |
| $W_2$       | (kN) | Peso del cuneo 2;   |
| $Q_1$       | (kN) | Sovraccarico agente sul cuneo 1;                                    |
| $Q_2$       | (kN) | Sovraccarico agente sul cuneo 2;                                    |
| $\theta_1$  | (°)  | Angolo alla base del cuneo 1;                                       |
| $\theta_2$  | (°)  | Angolo alla base del cuneo 2;                                       |
| $U_1$       | (kN) | Risultante della pressione dell'acqua agente alla base del cuneo 1; |
| $U_2$       | (kN) | Risultante della pressione dell'acqua agente alla base del cuneo 2; |
| $K_1$       | (kN) | Forza di coesione agente alla base del cuneo 1;                     |
| $K_2$       | (kN) | Forza di coesione agente alla base del cuneo 2;                     |
| $\lambda_s$ |      | Fattore di scorrimento alla base.                                   |



**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

E il fattore di sicurezza è determinato con

$$FS = \frac{K_1 + K_2 + (W_1 \cdot \cos(\theta_1) - U_1) \cdot \tan \varphi'_1 + (W_2 \cdot \cos(\theta_2) - U_2) \cdot \tan \varphi'_2}{W_1 \cdot \sin \theta_1 + W_2 \cdot \sin \theta_2}$$

L'analisi del facing è effettuata in 3 fasi:

**FASE 1 – ANALISI A LUNGO TERMINE**

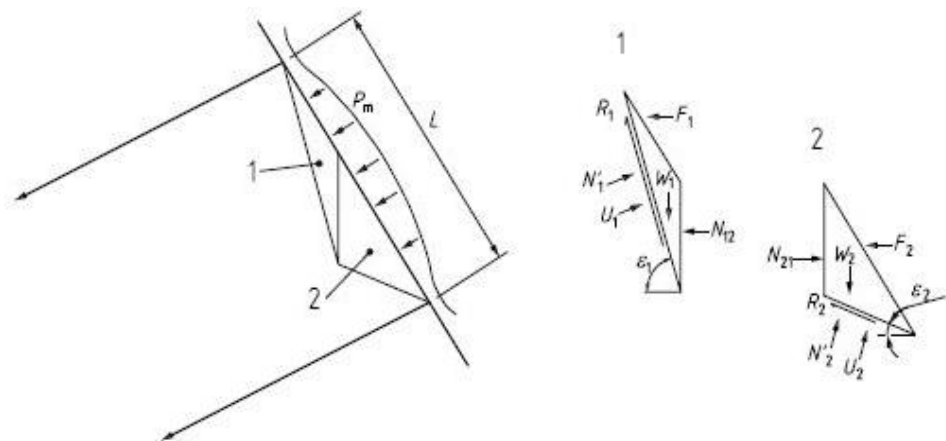
Lo scopo di questa analisi è stimare il carico che grava sul rivestimento sotteso tra gli ancoraggi. Per questo motivo in accordo alla procedura delle British standard 8006-2:2011, i parametri geotecnici che caratterizzano il terreno sono stati ridotti nell'ipotesi che il terreno decada a condizioni di resistenza residua (prossima alla rottura). I parametri sono definiti come:

- $c'$  (coesione residua) = 0;
- $\varphi'_a$  (angolo di attrito) = angolo di attrito residuo del terreno.

L'angolo di attrito  $\varphi'_a$  del detrito sarà quindi pari all'angolo di attrito residuo del terreno in esame. In assenza di dati sperimentali, si utilizza un valore consigliato pari a  $\varphi'_a = \varphi'/1,5$ .

La procedura di calcolo delle forze agenti sul rivestimento è condotta con analisi reiterativa secondo il metodo dei due cunei in accordo alla BS 8006-2 (con eventuale carico sismico). Il metodo di calcolo massimizza la forza agente sulla rete analizzando tutte le possibili configurazioni geometriche dei due cunei (combinazioni degli angoli  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  - vedi figura 32 BS 8006-2).

L'analisi determina la spinta agente sul rivestimento strutturale flessibile in accordo alle BS 8006-2.



La forza trasmessa al rivestimento flessibile vale nel caso sismico vale:

$$F_1 + F_2 = \frac{W_1(\tan \varepsilon_1 - \tan \varphi_a) + W_1 C_V(\tan \varepsilon_1 - \tan \varphi_a) + \frac{U_1 \tan \varphi_a}{\cos \varepsilon_1}}{1 + \tan \varepsilon_1 \tan \varphi_a} + \frac{W_2(\tan \varepsilon_2 - \tan \varphi_a) + W_2 C_V(\tan \varepsilon_2 - \tan \varphi_a) + \frac{U_2 \tan \varphi_a}{\cos \varepsilon_2}}{1 + \tan \varepsilon_2 \tan \varphi_a} + C_H(W_1 + W_2)$$



dove:

$W_1$  (kN) peso del cuneo 1;

$W_2$  (kN) peso del cuneo 2;

$\varepsilon_1$  (°) Angolo alla base del cuneo 1;

$\varepsilon_2$  (°) Angolo alla base del cuneo 2;

$U_1$  (kN) Risultante della pressione dell'acqua alla base del cuneo 1;

$U_2$  (kN) Risultante della pressione dell'acqua alla base del cuneo 2;

$\varphi_a$  (°) Angolo d'attrito del detrito;

$\lambda_s$  fattore di scivolamento alla base.

$C_v$  Coefficiente sismico verticale;

$C_H$  coefficiente sismico orizzontale;

L'obiettivo di tale metodologia è quello di massimizzare la forza agente sulla rete analizzando tutte le possibili configurazioni geometriche dei due cunei (combinazioni degli angoli  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  - vedi figura 32 BS 8006-2).

Questo procedimento risulta essere a favore di sicurezza perché considera sempre la superficie di scivolamento peggiore dal punto di vista strutturale. Infatti, nella realtà si potrebbero instaurare superfici di scivolamento che provocano un'azione sulla rete inferiore rispetto a quella calcolata.

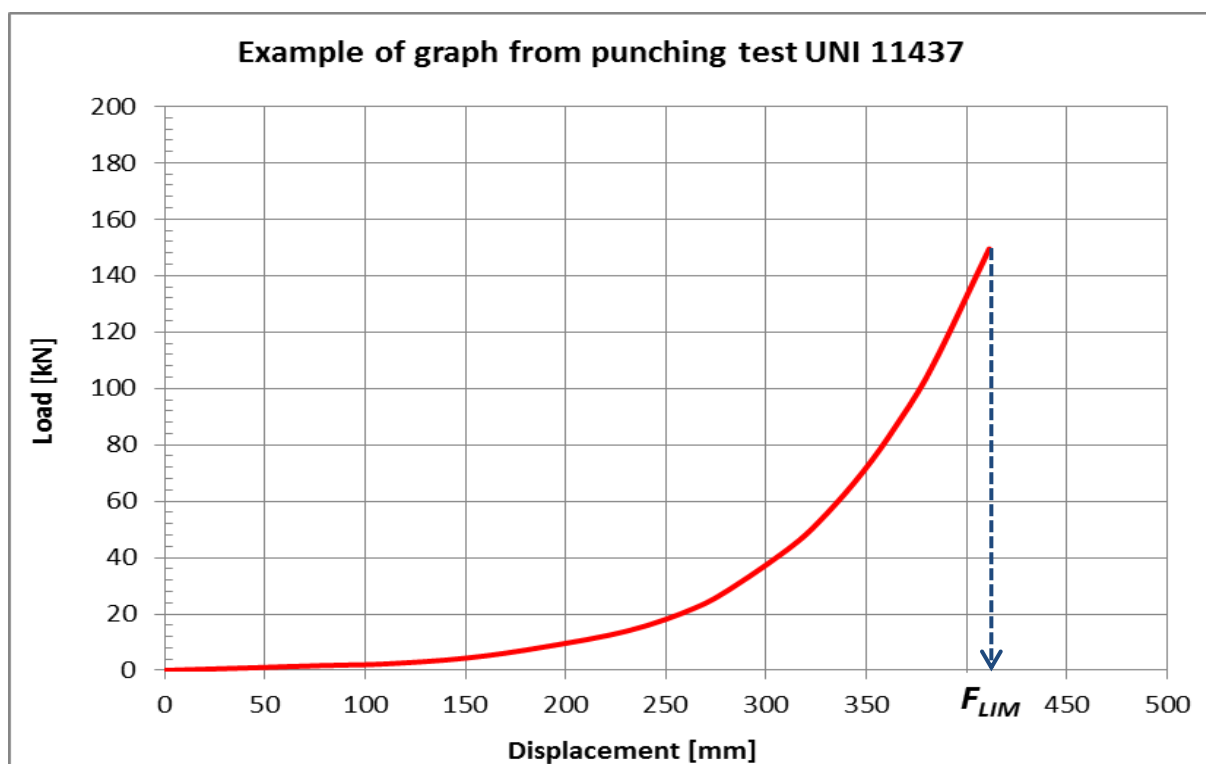


## FASE 2 – VERIFICA DELLO STATO LIMITE ULTIMO SLU

Le forze, calcolate nel punto precedente, sono confrontate con la resistenza a punzonamento della rete ottenuta dalle prove di laboratorio normate (UNI 11437: 2012). Il sistema è soddisfatto se la resistenza della rete è maggiore della spinta del terreno.

Il carico determinato nella fase di calcolo 2 è incrementato con un coefficiente di sicurezza per considerare le incertezze del modello geotecnico ( $F_{TOT,Design} = (F_1 + F_2) \times \gamma_{DF}$ ).

Il carico tollerato del rivestimento  $F_{lim}$  è determinato direttamente dalla curva caratteristica del test.



Deve essere che:

$$F_{TOT,Design} < F_{lim}$$



### FASE 3 – VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO SLE

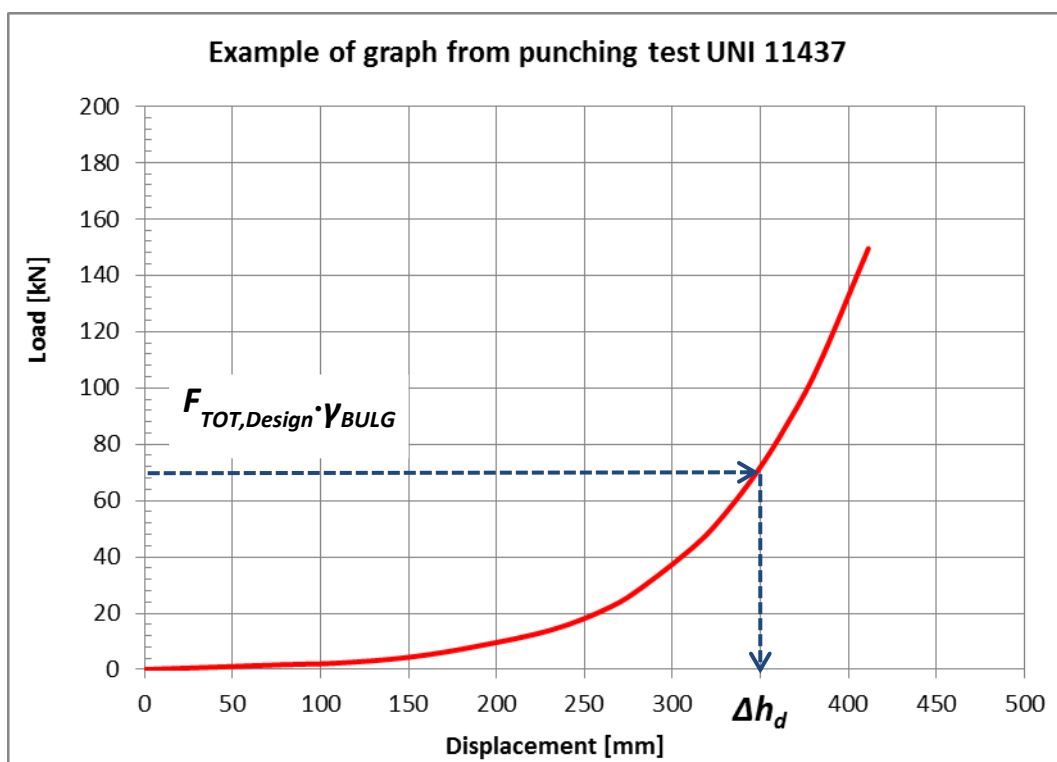
Questa analisi verifica che le deformazioni indotte dal terreno sul rivestimento strutturale flessibile siano accettabili. Qualora siano giudicate eccessive, è necessario scegliere un rivestimento più rigido. Il progettista deve verificare se le deformazioni il flexible facing indotte dal carico atteso a lungo termine sono accettabili. Trattandosi di un problema carico-deformazione, il metodo dell'equilibrio limite non consente soluzioni dirette. Perciò si utilizzano le curve carico-deformazione ottenute nelle prove di punzonamento per risalire al volume di terreno che determina la massima deformazione ammessa. Se il volume così determinato è maggiore di quello atteso a lungo termine, il flexible facing soddisfa i requisiti di progetto. La massima deformazione ammessa è decisa dal progettista sulla base di uno o più criteri di ordine geotecnico (effetti della deformazione della rete sullo stripping degli ancoraggi, innesco di processi erosivi, effetto di cedimenti indotti al contorno del soil nailing), funzionale (ingombro massimo ammesso per le sacche di detrito) ed estetico.

Quando è soggetta al carico a lungo termine, la rete non deve deformare eccessivamente.

Il valore della deformazione ( $\Delta h_d$ ) è ottenuto dal grafico caratteristico del test di punzonamento dopo aver amplificato il carico di progetto per tenere conto delle irregolarità del pendio e anomalie di installazione

$$F_{TOT,Design} \cdot \gamma_{BULG} \rightarrow \Delta h_d$$

dove  $\gamma_{BULG}$  rappresenta il coefficiente di amplificazione per l'irregolarità del pendio. Esso non dovrebbe mai essere inferiore a 1.5.





---

**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Al valore  $\Delta h_d$  viene sommato uno spostamento aggiuntivo dovuto all'inaccuratezza di installazione della rete ( $\Delta h_{error}$ ):

$$\Delta h = \Delta h_d + \Delta h_{error}$$

Se la rete non viene installata perfettamente in aderenza alla parete e non viene tesata si potrebbero avere degli spostamenti aggiuntivi; infatti la rete, essendo lasca, prima di iniziare la sua funzione di tenuta si deformerebbe.

Valori consigliati di  $\Delta h_{error}$  vanno dai 0,20 m ai 0,35 m.

Il controllo finale confronta la deformazione ritenuta ammissibile con quella limite ottenuta per via grafica.

Deve essere che:

$$\Delta h < Limit\ Bulging$$

Quando la deformazione eccede quella di progetto, la rete non si rompe, ma sono necessari interventi di manutenzione quali: svuotamento controllato delle reti, ritesatura delle piastre di ancoraggio, posa di reticolo in funi a irrigidimento del rivestimento.



## 22.1 RISULTATI DELLE ANALISI

Di seguito si riportano le risultanze delle verifiche effettuate, considerando le condizioni di calcolo più gravose, ovvero considerando una scarpata con una pendenza massima del versante pari a 70°, costituito da terreni piroclastici poco addensati e ipotizzando una spaziatura tra gli ancoraggi pari a 3,0 m x 3,0 m.

| Geotechnical model  |   | INPUT DATA           |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
|---|---|----------------------|------------------------------|-------|---|--------------|--|-------|---|------|---|------|---|------|------------------|------|---------------|------|---|-----|---|----------------------|-----------------------|-----|---------------------|-----|----------------------------|----------------------|---|--|--|--|----------------------------|--|--|--|---|--|--|
| <table><tr><td><math>a_v</math></td><td>3.00</td></tr><tr><td><math>\gamma</math></td><td>15.00</td></tr><tr><td><math>\beta</math></td><td>70.00</td></tr><tr><td><math>\varphi'</math></td><td>30.00</td></tr><tr><td><math>c'</math></td><td>0.00</td></tr><tr><td><math>r_u</math></td><td>0.10</td></tr><tr><td><math>\lambda_s</math></td><td>1.00</td></tr><tr><td><math>\gamma_\varphi</math></td><td>1.25</td></tr><tr><td><math>\gamma_{c'}</math></td><td>1.25</td></tr></table> | $a_v$   | 3.00                 | $\gamma$                     | 15.00 | $\beta$   | 70.00        | $\varphi'$   | 30.00 | $c'$  | 0.00 | $r_u$   | 0.10 | $\lambda_s$   | 1.00 | $\gamma_\varphi$ | 1.25 | $\gamma_{c'}$ | 1.25 | <table><tr><td>(m)</td><td>: Nail spacing or equivalent spacing (on the slope)</td></tr><tr><td>(kN/m<sup>3</sup>)</td><td>: Unit weight of soil</td></tr><tr><td>(°)</td><td>: Slope inclination</td></tr><tr><td>(°)</td><td>: Peak soil friction angle</td></tr><tr><td>(kN/m<sup>2</sup>)</td><td>: Effective cohesion at the base of wedge</td></tr><tr><td></td><td>: Pore water pressure ratio = <math>u/(gh)</math></td></tr><tr><td></td><td>: Base sliding coefficient</td></tr><tr><td></td><td>: Peak friction angle safety coefficient (short term only)</td></tr><tr><td></td><td>: Cohesion safety coefficient (short term only)</td></tr></table> | (m) | : Nail spacing or equivalent spacing (on the slope) | (kN/m <sup>3</sup> ) | : Unit weight of soil | (°) | : Slope inclination | (°) | : Peak soil friction angle | (kN/m <sup>2</sup> ) | : Effective cohesion at the base of wedge |  | : Pore water pressure ratio = $u/(gh)$ |  | : Base sliding coefficient |  | : Peak friction angle safety coefficient (short term only) |  | : Cohesion safety coefficient (short term only) |  |  |
| $a_v$   | 3.00  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\gamma$  | 15.00   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\beta$   | 70.00   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\varphi'$  | 30.00   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $c'$  | 0.00  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $r_u$   | 0.10  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\lambda_s$   | 1.00  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\gamma_\varphi$  | 1.25  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\gamma_{c'}$   | 1.25  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (m)   | : Nail spacing or equivalent spacing (on the slope)                     |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (kN/m <sup>3</sup> )  | : Unit weight of soil   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (°)   | : Slope inclination   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (°)   | : Peak soil friction angle  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (kN/m <sup>2</sup> )  | : Effective cohesion at the base of wedge                               |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
|   | : Pore water pressure ratio = $u/(gh)$                                  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
|   | : Base sliding coefficient  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
|   | : Peak friction angle safety coefficient (short term only)              |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
|   | : Cohesion safety coefficient (short term only)                         |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| <table><tr><td><math>C_h</math></td><td>0.082</td></tr><tr><td><math>C_v</math></td><td>0.041</td></tr></table>   | $C_h$   | 0.082                | $C_v$                        | 0.041 | <table><tr><td></td><td>: Seismic horizontal coefficient</td></tr><tr><td></td><td>: Seismic vertical coefficient (positive down)</td></tr></table> |              | : Seismic horizontal coefficient   |       | : Seismic vertical coefficient (positive down)                          |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $C_h$   | 0.082   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $C_v$   | 0.041   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
|   | : Seismic horizontal coefficient  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
|   | : Seismic vertical coefficient (positive down)                          |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| Ultimate Limit State model (research of the surface with the max load and mesh analysis)  |   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| <table><tr><td><math>\varphi'_a</math></td><td>15.00</td></tr><tr><td><math>\delta</math></td><td>15.00</td></tr><tr><td>Facing</td><td>MacMat HS100</td></tr></table>  | $\varphi'_a$  | 15.00                | $\delta$                     | 15.00 | Facing  | MacMat HS100 | <table><tr><td>(°)</td><td>: Friction angle of the debris bulging (lower than peak friction angle)</td></tr><tr><td>(°)</td><td>: Friction angle between debris and slope surface</td></tr><tr><td></td><td>: Kind of mesh</td></tr></table> | (°)   | : Friction angle of the debris bulging (lower than peak friction angle) | (°)  | : Friction angle between debris and slope surface |      | : Kind of mesh  |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\varphi'_a$  | 15.00   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\delta$  | 15.00   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| Facing  | MacMat HS100  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (°)   | : Friction angle of the debris bulging (lower than peak friction angle) |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (°)   | : Friction angle between debris and slope surface                       |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
|   | : Kind of mesh  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| <table><tr><td colspan="2">Partial safety coefficients</td></tr><tr><td><math>\gamma_{DF}</math></td><td>1.20</td></tr></table>   | Partial safety coefficients   |                      | $\gamma_{DF}$                | 1.20  | <table><tr><td>(°)</td><td>: Uncertainty of the geotechnical model (range 1.15 - 1.20)</td></tr></table>  | (°)          | : Uncertainty of the geotechnical model (range 1.15 - 1.20)  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| Partial safety coefficients   |   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\gamma_{DF}$   | 1.20  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (°)   | : Uncertainty of the geotechnical model (range 1.15 - 1.20)             |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| Serviceability Limit State model (analysis of the max load on the mesh)   |   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| <table><tr><td>Limit bulging</td><td>0.6</td></tr><tr><td><math>\gamma_{bulg}</math></td><td>2.0</td></tr><tr><td><math>\Delta h_{error}</math></td><td>0.20</td></tr></table>  | Limit bulging   | 0.6                  | $\gamma_{bulg}$              | 2.0   | $\Delta h_{error}$  | 0.20         | <table><tr><td>(m)</td><td>: Bulging imposed value</td></tr><tr><td>(-)</td><td>: Bulging safety coefficient</td></tr><tr><td>(m)</td><td>: Typical installation inaccuracy (range 0.20 - 0.35 m)</td></tr></table>                          | (m)   | : Bulging imposed value   | (-)  | : Bulging safety coefficient                      | (m)  | : Typical installation inaccuracy (range 0.20 - 0.35 m) |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| Limit bulging   | 0.6   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\gamma_{bulg}$   | 2.0   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\Delta h_{error}$  | 0.20  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (m)   | : Bulging imposed value   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (-)   | : Bulging safety coefficient  |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| (m)   | : Typical installation inaccuracy (range 0.20 - 0.35 m)                 |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| RESULTS   |   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| ULTIMATE LIMIT STATE  |   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\theta_1$  | 84  | (°)                  |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\theta_2$  | 29  | (°)                  |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $W_1$   | 3.20  | (kN)                 | : Weight of the wedge 1      |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $W_2$   | 9.88  | (kN)                 | : Weight of the wedge 2      |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $U_1$   | 3.06  | (kN)                 | : Water force on the joint 1 |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $U_2$   | 1.13  | (kN)                 | : Water force on the joint 2 |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| MacMat HS100  |   | : Type of net choose |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $F_{TOT}$   | 14.83   | (kN)                 | : Load on the net            |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $F_{TOT,Design}$  | 17.80   | (kN)                 | : Design Load on the net     |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $F_{LIM}$   | 80.00   | (kN)                 | : Limit load on the net      |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $F_{TOT,Design}$  | <   | $F_{LIM}$            | VERIFIED                     |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| SERVICEABILITY LIMIT STATE  |   |                      |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| MacMat HS100  |   | : Type of net choose |                              |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $F_{TOT,Design}$  | 17.80   | (kN)                 | : Design Load on the net     |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| $\Delta h$  | 596.34  | (mm)                 | : Deformation of the net     |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| Limit Bulg.   | 600.00  | (mm)                 | : Max bulging permitted      |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |
| Bulging   | <   | Limit Bulg.          | DEFORMATION VERIFIED         |       |   |              |  |       |   |      |   |      |   |      |                  |      |               |      |   |     |   |                      |                       |     |                     |     |                            |                      |   |  |  |  |                            |  |  |  |   |  |  |



---

**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Il rivestimento sopra dimensionato consiste in un geocomposito costituito da rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale tessuta con funi metalliche di rinforzo e da una geostuoia tridimensionale polimerica compenetrata e rese solidali durante il processo di produzione. La geostuoia sarà costituita da filamenti di polipropilene stabilizzati per resistere ai raggi UV e termosaldati tra loro nei punti di contatto, e avrà un indice dei vuoti superiore al 90%.

La rete metallica a doppia torsione avrà maglia esagonale tipo 8x10 e sarà tessuta con trafilato di acciaio avente un diametro pari a 2.70, conforme a UNI EN 10223-3 e a UNI EN 10218-2, galvanizzato con Galmac (lega eutettica di Zinco – 5% Alluminio) in conformità a UNI EN 10244-2 Classe A in conformità a UNI EN 10245-2. La rete metallica, in rotoli di larghezza pari a 2.0 m, è tessuta con l'inserimento, direttamente in produzione, di funi di acciaio con anima metallica con grado non inferiore a 1770 N/mm<sup>2</sup> (UNI EN 12385-2) aventi un diametro pari a 8 mm (UNI EN 12385-4), galvanizzate con Galmac (lega eutettica di Zinco – 5% Alluminio) in conformità a UNI EN 10244-2 Classe A. La protezione anticorrosiva della rete sarà tale da non presentare tracce di ruggine rossa su una superficie maggiore del 5%, a seguito di un test di invecchiamento accelerato in nebbia salina (test in accordo a UNI EN ISO 9227) per un tempo di esposizione minimo di 1000 ore. Le funi sono inserite longitudinalmente lungo i bordi del telo di rete con una spaziatura nominale.

Il geocomposito metallico avrà una resistenza a trazione longitudinale non inferiore a 75 kN/m. La rete sarà caratterizzata da una resistenza a punzonamento non inferiore a 80 kN, quando testata in accordo a UNI 11437.

Al fine di ridurre ulteriormente le deformazioni del rivestimento così costituito e dunque rendere più efficace l'azione di contenimento da parte della rete, saranno installate anche delle funi in acciaio con un diametro minimo pari a 12 mm; in particolare queste funi saranno posate successivamente alla stessa del rivestimento e saranno vincolate al di sotto delle piastre di ripartizione a formare un reticolo a maglia romboidale.

Dalle analisi condotte allo stato limite ultimo, emerge che il carico di punzonamento di progetto agente sul rivestimento all'interno di ogni maglia dei chiodi è pari a 17,80 kN. Ipotizzando che la rete sia soggetta al carico massimo in ogni maglia della rete, il carico di trazione trasmesso dalla rete ad ogni chiodo è pari al carico di punzonamento di progetto, ovvero 17,80 kN.

Il dimensionamento delle chiodature viene dunque trattato nei paragrafi seguenti.



## 23 ANALISI E VERIFICHE ANCORAGGI RAFFORZAMENTO CORTICALE (OPERA 2)

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche degli ancoraggi (chiodature) del rafforzamento corticale del costone in oggetto.

### 23.1 DATI DI INPUT

Il calcolo è stato effettuato considerando un terreno di matrice omogenea caratterizzato quindi da parametri geotecnici, fisici e meccanici costanti per tutto il suo spessore.

Si prevede, inoltre, che la miscela di iniezione, per la realizzazione degli elementi di trasmissione al terreno degli sforzi indotti nella struttura in elevazione, sia di tipo cementizio e sia posta in opera secondo il **processo di iniezione di tipo globale e messa in pressione unica (modello IGU: Iniezione Globale Unica)** ed abbia un  $R_{ck}$  non inferiore a 300 daN/cm<sup>2</sup>.

### 23.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali utilizzati devono soddisfare alle caratteristiche fisico-meccaniche impartite dalle normative vigenti ed indicate nei riferimenti del paragrafo precedente.

Si riportano in questa sede, per semplicità, le sole caratteristiche di resistenza dei materiali:

#### Acciaio per barre B450C

|   |   |
|---|---|
| Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio                            | $f_{tks} = 5400$ daN/cm <sup>2</sup>      |
| Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio                        | $f_{yks} = 4385$ daN/cm <sup>2</sup>      |
| coefficiente di sicurezza   | $\gamma_s = 1,15$                         |
| resistenza di calcolo dell'acciaio $= f_{yk} / \gamma_s =$                | $f_{yds} = 3813$ daN/cm <sup>2</sup>      |
| resistenza di calcolo di taglio acciaio $= f_{yks} / \sqrt{3} \gamma_M =$ | $f_{vds} = 2201$ daN/cm <sup>2</sup>      |
| modulo elastico dell'acciaio  | $E = 2,06 \cdot 10^6$ daN/cm <sup>2</sup> |

#### Malta di cemento antiritiro per iniezioni con resistenza a compressione a 28 gg > 40 MPa

Metodo di iniezione IGU

|   |   |
|---|---|
| Resistenza cubica a compressione caratteristica       | $R_{ck} = 400,0$ daN/cm <sup>2</sup>                        |
| Resistenza monoassiale per carichi di breve durata    | $f_{ck} = 332,0$ daN/cm <sup>2</sup> $= 0,83 \times R_{ck}$ |
| Coefficiente di sicurezza                             | $\gamma_m = 1,50$   |
| Coefficiente di sicurezza per carico per lunga durata | $\alpha_{cc} = 0,85$  |
| Resistenza di calcolo a compressione                  | $f_{cd} = 188,1$ daN/cm <sup>2</sup>                        |
| Resistenza caratteristica di aderenza                 | $f_{bk} = 48,8$ daN/cm <sup>2</sup>                         |
| Resistenza di calcolo di aderenza                     | $f_{bd} = 32,5$ daN/cm <sup>2</sup>                         |



### REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni

Secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche D.M. 17/01/2018 (art. 6.6 e seguenti) la verifica di sicurezza agli stati limite ultimi degli ancoraggi sono stati condotti utilizzando nel calcolo l'Approccio 2, con il set di coefficienti parziali (A1+M1+R3), tenuto conto che, in tale combinazione, il coefficiente parziale per la resistenza di ancoraggi di tipo permanente vale  $\gamma_{Ra,p} = 1,20$  e si assume, a favore di sicurezza, il fattore di correlazione con il suo valore massimo  $\xi_a = 1,80$ .

Nel corso del calcolo, pertanto, saranno determinati dei coefficienti di sicurezza che andranno confrontati con quelli previsti dai suddetti approcci.

### 23.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni agenti sui chiodi possono essere classificate come permanenti (G), ovvero azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare, con sufficiente approssimazione, costanti nel tempo, che sono rappresentate dalle forze indotte dal terreno.

Si utilizza dunque la sola seguente combinazione (art. 2.5.3. NTC 2008), impiegata per gli stati limite ultimi:

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

Da quanto sopra, considerando un coefficiente di sicurezza parziale  $\gamma_{G1}$  pari a 1,3 (v. tab. 6.2.I di NTC 2018), emerge che l'azione di trazione di progetto agente sul chiodo T è pari a 23,14 kN.

### 23.4 VERIFICA CHIODATURE

La rete sarà fissata al pendio mediante chiodature in barre in acciaio tipo B450C aventi diametro  $\Phi$  24 di lunghezza minima pari a 3,00 m inserite in perforazioni di diametro minimo  $D = 60$  mm.

#### Verifica aderenza barra in acciaio – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu A_{lat}) = 2314 / (0,85 \times \pi \times 2,40 \times 300) = 1,20 \text{ daN/cm}^2 < f_{bd} = 32,5 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ha un coefficiente di sicurezza  $\alpha = 27,08 \geq 2,16$  (pari a  $\gamma_{Ra,p} \xi_a$ ), avendo indicato con

$\mu$  = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

$A_{lat}$  = area laterale della barra in acciaio pari a  $\pi \Phi L$

#### Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

Si calcolano ora i valori di aderenza tra il nucleo iniettato e il terreno considerandone la stratigrafia ipotizzata:

$$\tau = T / (\pi \alpha D L) = 2314 / (\pi \times 1,1 \times 6,0 \times 300) = 0,37 \text{ daN/cm}^2 < \tau_{ds} = 1,0 \text{ daN/cm}^2$$



---

**REL.03 – Relazione di Calcolo, Geotecnica e sulle Fondazioni**

Per cui si ha un fattore di sicurezza pari a  $R_a/T = 2,69 \geq 2,16$  (pari a  $\gamma_{Ra,p} \xi_a$ ) avendo indicato con

$\tau_{ds}$  tensione di aderenza di progetto malta-terreno ipotizzata

$\alpha$  coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione e che vale, per il caso in esame, 1,10

D diametro di perforazione (in cm) pari a 6,0

L lunghezza utile di aderenza del chiodo (in cm) pari a 300 cm

Verifica strutturale barra in acciaio

$$Q_c = \text{Carico di snervamento minimo della barra in acciaio} = f_{yks} \pi \Phi^2/4 = 198,22 \text{ kN}$$

$$Q_d = \text{Carico di snervamento di progetto della barra in acciaio} = Q_c / 1,15 = 172,36 \text{ kN}$$

$$T = 23,14 \text{ kN} = \text{Carico massimo applicato all'ancoraggio}$$

$$\eta = 7,44 = \text{fattore di sicurezza residuo}$$

La lunghezza di calcolo degli ancoraggi è pertanto pari a 300 cm ma a vantaggio di sicurezza si utilizzeranno ancoraggi li lunghezza 400 cm fatta eccezione per gli ancoraggi di sommità la cui lunghezza sarà pari a 600 cm.



## **24 CONCLUSIONI**

Dalle analisi condotte si evince che il complesso delle strutture oggetto del presente progetto esecutivo, esaminate sotto l'effetto delle azioni verticali ed orizzontali, si trovano sempre in condizioni di equilibrio stabile e le caratteristiche della sollecitazione, indotte in ogni elemento di esse ed in ogni punto, risulta compatibile per i materiali ipotizzati in progetto.

Il progetto presentato è stato redatto di concerto con il Committente, nel rispetto delle seguenti normative.

**DECRETO MINISTERIALE LL. PP. 17 gennaio 2018:**

Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” su Supplemento Ordinario n°42 della Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018.

**CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP:**

Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

***Il progettista***

***Ing. Vincenzo DI MAIO***