



Comune di Avellino

Assessorato ai Lavori Pubblici
Settore Lavori Pubblici

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA STRADA COMUNALE ARCHI - FONTANATETTA COMPLETAMENTO

Maggio 2018

PROGETTO ESECUTIVO

Scala

Elaborato
N°3

PROGETTISTI:

Arch. Anna Freda

Geom. Giuseppe De Vito

Elaborato

RELAZIONE GEOTECNICA

Sommario

1. <i>PREMESSA</i>	2
2. <i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i>	2
3. <i>INDAGINI GEOGNOSTICHE</i>	2
3.1. <i>Campagna indagini</i>	2
3.2. <i>Definizione della stratigrafia e delle proprietà meccaniche dei terreni</i>	3
3.3. <i>Idrogeologia</i>	5
3.4. <i>Problematiche riscontrate</i>	5
4. <i>MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO</i>	5
4.1. <i>Modello geotecnico di riferimento: muri di sostegno</i>	6
4.2. <i>Modello geotecnico di riferimento: terre armate</i>	Errore. Il segnalibro non è definito.
4.3. <i>Modellazione e pericolosità sismica del sito</i>	8
5. <i>VERIFICHE DI STABILITÀ GEOTECNICA – SINTESI DEI RISULTATI</i>	9

1. **PREMESSA**

La presente relazione geotecnica riguarda le indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del "volume significativo" per le opere strutturali che si andranno a realizzare nell'ambito dei lavori di riqualificazione della strada comunale Comunale Archi – Fontanatetta Completamento. Viene valutata, inoltre, l'interazione opera / terreno ai fini delle verifiche delle rispettive fondazioni.

Sulla base dell'orografia della zona e di specifiche predisposizioni, i lavori in progetto prevedono la realizzazione di **muri di contenimento** localizzati lungo l'intero tracciato.

In merito ai muri, si tratta principalmente di muri di contenimento delle scarpate.

Nei successivi paragrafi viene condotta l'analisi geotecnica utile a valutare l'idoneità e la stabilità delle opere in oggetto. Vengono esposte le procedure di calcolo e le dovute verifiche riguardanti le diverse strutture, riportandone i risultati sintetici significativi.

Il presente elaborato è stato redatto sulla base della relazione geologica a firma del dott. Geol. Giuseppe Parlato.

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le fasi di analisi e di verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018

"Norme tecniche per le Costruzioni".

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

Eurocodice 7 - "Progettazione geotecnica" - ENV 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2008 *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

3. **INDAGINI GEOGNOSTICHE**

3.1. **Campagna indagini**

Sulla base di quanto dettagliato nella relazione geologica dell'area di sito, si è proceduto alla progettazione della campagna di indagini geognostiche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dal "volume significativo" delle opere in esame.

In particolare, le indagini condotte sono consistite nell'esecuzione di:

- n° 2 prova sismica tipo MASW finalizzati alla determinazione delle Vs30
- n° 4 prove penetrometrica dinamica superpesante tipo DPSH

Ubicate come in figura seguente:

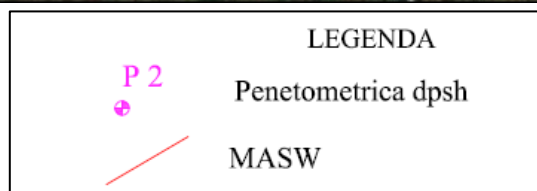
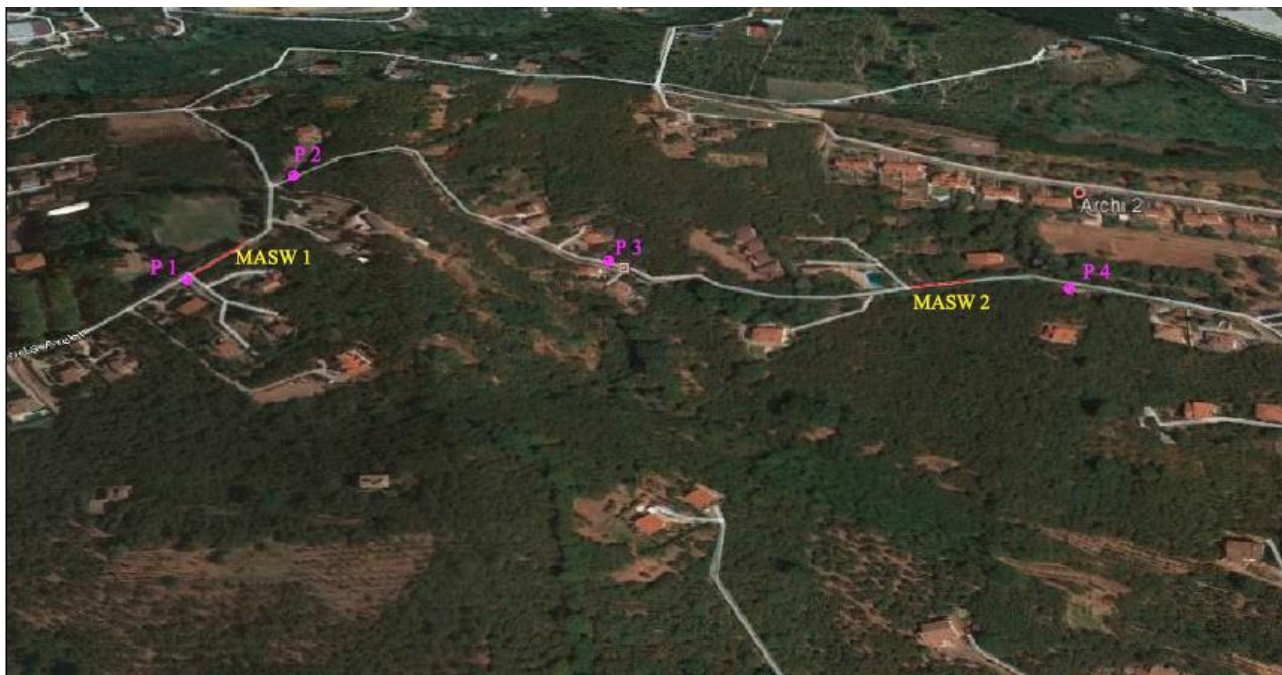


Fig.1: ubicazione delle indagini

Le prove di cui sopra hanno completato il quadro offerto dalle conoscenze pregresse ed hanno consentito di verificare la distribuzione spaziale delle unità litotecniche e caratterizzare il sito dal punto di vista sismico.

Per quanto concerne lo studio geologico del sito, le specifiche tecniche delle strumentazioni impiegate e le analisi dettagliate delle prove in situ si rimanda all'elaborato specifico "relazione geologica" e relativi allegati. Qui di seguito si riportano in sintesi i risultati geotecnici delle indagini svolte, utili per l'esecuzione delle opportune verifiche di sicurezza.

3.2. Definizione della stratigrafia e delle proprietà meccaniche dei terreni

Le indagini realizzate, insieme alla conoscenza geologica generale della zona, hanno permesso di ricostruire la stratigrafia e le proprietà geotecniche dei terreni interessati. Di seguito si riportano la sezione stratigrafica ed i parametri meccanici desunti dall'elaborazione dei dati delle prove eseguite:

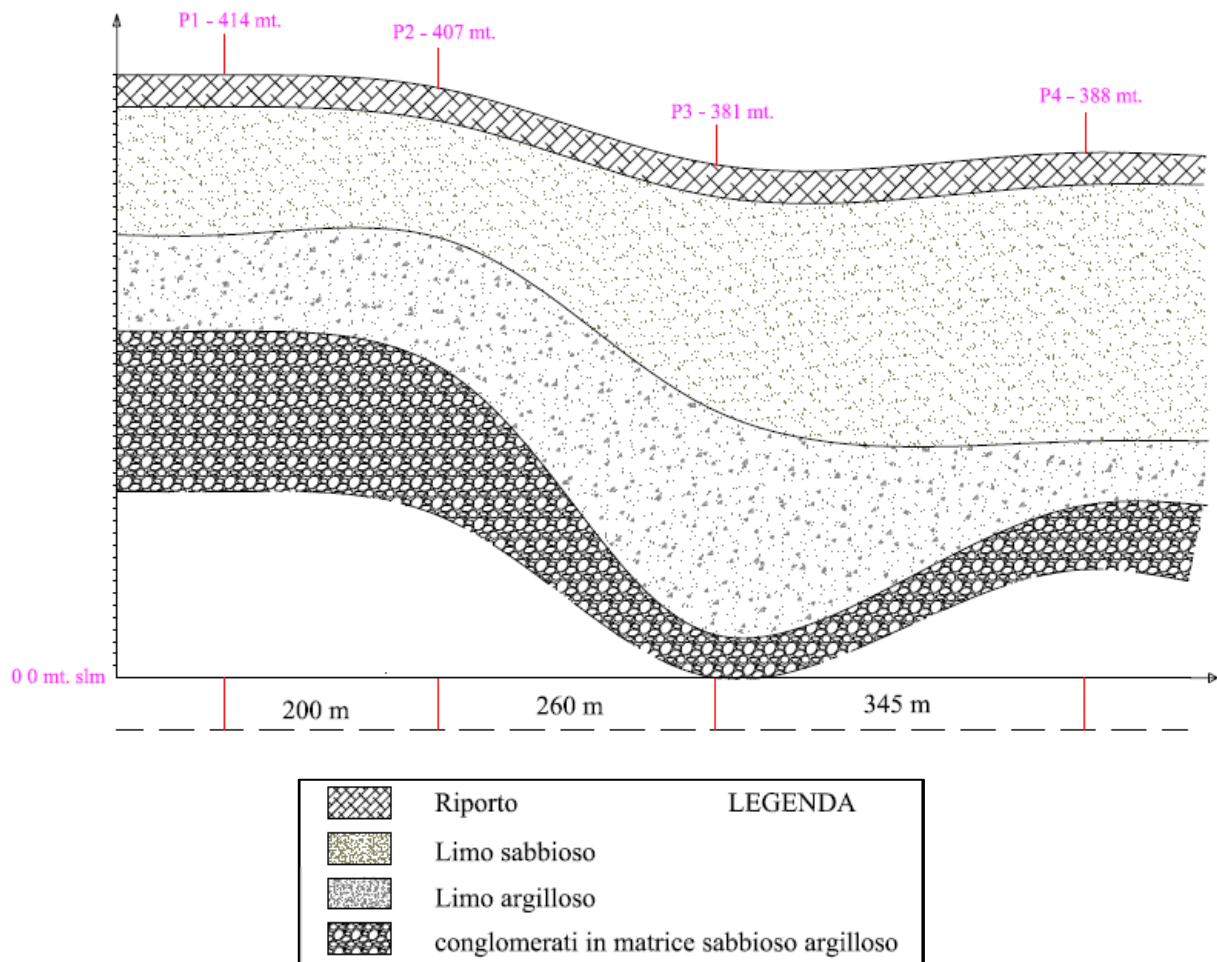


Fig.2: Sezione stratigrafica

Terreno Agrario / coltre superficiale (spessore strato circa 60 cm)

Ad esso possono mediamente attribuirsi i seguenti principali parametri fisico - meccanici:

- peso dell'unità di volume saturo (γ_{sat}) = 1,86 g/cm³ ;
- peso dell'unità di volume naturale (γ_{nat}) = 1,45 g/cm³;
- peso dell'unità di volume secco (γ_d) = 1,65 g/cm³ ;
- angolo di attrito interno (ϕ) = 31°;
- modulo edometrico (Ed) = 146 kg/cm².

Limo sabbioso (spessore strato variabile tra 2.20 m e 4.80 m)

Ad esso possono mediamente attribuirsi i seguenti principali parametri fisico - meccanici:

- peso dell'unità di volume saturo (γ_{sat}) = 1,77 g/cm³ ;
- peso dell'unità di volume naturale (γ_{nat}) = 1,33 g/cm³;
- peso dell'unità di volume secco (γ_d) = 1,55 g/cm³ ;
- coesione (c) = 0,03 kg/cm² ;
- angolo di attrito interno (ϕ) = 25°;
- modulo edometrico (Ed) = 56 kg/cm².

Limo argilloso (spessore strato variabile tra 1.20 m e 4.20 m)

Ad essa possono mediamente attribuirsi i seguenti principali parametri fisico - meccanici:

- peso dell'unità di volume saturo (γ_{sat}) = 1,94 g/cm³;
- peso dell'unità di volume naturale (γ_{nat}) = 1,52 g/cm³;
- peso dell'unità di volume secco (γ_d) = 1,70 g/cm³;
- coesione (c) = 0,22 kg/cm²;
- angolo di attrito interno (ϕ) = 22°;
- modulo edometrico (Ed) = 72 kg/cm².

Conglomerati in matrice sabbiosa argillosa (spessore strato variabile tra 0.80 m e 3.00 m)

Ad essa possono mediamente attribuirsi i seguenti principali parametri fisico - meccanici:

- peso dell'unità di volume saturo (γ_{sat}) = 2,00 g/cm³ ;
- peso dell'unità di volume naturale (γ_{nat}) = 1,65 g/cm³;
- peso dell'unità di volume secco (γ_d) = 1,80 g/cm³ ;
- angolo di attrito interno (ϕ) = 36°;
- modulo edometrico (Ed) = 250 kg/cm².

3.3. Idrogeologia

Non è stata riscontrata la presenza di falde acquifere a profondità di interesse relativamente al "volume significativo" investigato.

3.4. Problematiche riscontrate

Durante l'esecuzione delle prove e dall'elaborazione dei dati non sono emerse problematiche rilevanti al livello del piano di posa delle fondazioni delle opere in progetto.

4. MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

La sezione stratigrafica sopra riportata è il risultato dell'interpolazione delle misure effettuate attraverso i sondaggi. La quota di partenza delle prove è rappresentata dal piano stradale che, per diversi tratti, assume il profilo di mezzacosta. Le indagini geognostiche mostrano che al di sotto di una coltre superficiale, costituita da materiali di riporto e terreno agrario per uno spessore pari a circa 60 cm, è presente una unità litologica (limo sabbioso) con spessore variabile che si estende fino a profondità che vanno da 2.80 m a 5.40 m dal piano stradale. Le dimensioni delle opere di sostegno previste non superano tali profondità in nessun punto del tracciato di interesse, per cui si assume che i piani di fondazione delle singole opere sono collocate all'interno di questa unità litologica.

Nei paragrafi che seguono si riportano i modelli geotecnici che sono stati presi a riferimento per il calcolo delle opere di sostegno in progetto. I singoli parametri sono stati opportunamente ponderati nel rispetto dei risultati geognostici ed in base alla tipologia di opera in progetto.

4.1. Modello geotecnico di riferimento: muri di sostegno

Come già anticipato nel paragrafo introduttivo, tra le opere in progetto si prevede la realizzazione di muri di contenimento nel primo tratto dell'asse viario. Si tratta principalmente di muri di controripa che separano e, a loro volta, sorreggono una stradina sovrapposta ad uso privato. Per un breve tratto, invece, un muro di sottoscarpa viene realizzato in continuazione ad un'opera di contenimento esistente.

Per chiarezza di esposizione ed efficienza di calcolo è possibile individuare tre tipologie di muri, suddivise per altezze dei paramenti, in particolare:

- Muro tipo 1: altezza del paramento pari a 1.8 m;
 - Muro tipo 2: altezza del paramento fino a 3 m;
 - Muro tipo 3 (sottoscarpa): altezza del paramento pari a 2.2 m;
- Data l'ubicazione dei muri, la specifica indagine geognostica di riferimento è la prova penetrometrica P1, da cui si evince che la prima unità litologica riconoscibile (limo sabbioso) si estende fino alla profondità di 3.00 m dal piano stradale. Si è ritenuto opportuno assumere due modelli geotecnici, uno per i muri di controripa e l'altro per il muro di sottoscarpa. Si precisa che per entrambe le tipologie il piano di fondazione è ubicato nello strato limo sabbioso, ciò che cambia sono gli spessori delle unità litologiche considerate.

Modello geotecnico per muri controripa (muro tipo 1 e muro tipo 2):

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, 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 [°]

N	X	Y	A
1	6.00	0.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.00	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kg/cm ²]
<i>c_a</i>	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	C_a
Coltre superficiale	1500	1900	28.00	18.67	0.000	0.000
Limo sabbioso	1300	1700	25.00	16.67	0.020	0.000
Limo argilloso	1500	1900	22.00	14.67	0.220	0.000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Terreno
1	0.60	0.00	Coltre superficiale
2	4.40	0.00	Limo sabbioso
3	2.00	0.00	Limo argilloso

Modello geotecnico per muro di sottoscarpa (muro tipo 3):

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, 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 [°]

N	X	Y	A
1	6.00	0.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.00	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]
C _a	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	C_a
Coltre superficiale	1500	1900	28.00	18.67	0.000	0.000
Limo sabbioso	1300	1700	25.00	16.67	0.020	0.000
Limo argilloso	1500	1900	22.00	14.67	0.220	0.000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Terreno
1	0.60	0.00	Coltre superficiale
2	2.40	0.00	Limo sabbioso
3	1.80	0.00	Limo argilloso

Terreno in superficie: PACCHETTO STRADA Descrizione : pacchetto stradale

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]:	0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]:	30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	:	0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]:	19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]:	21.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]:	10000.00
Coefficiente di Poisson.....	:	0.30

4.2. Modellazione e pericolosità sismica del sito

Le indagini effettuate, permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di categoria:

B [B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti] con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero NSPT.30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250kPa nei terreni a grana fina).

In base alla morfologia del luogo si adotta **categoria topografica T1** [superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$].

Ai fini della pericolosità sismica sono stati analizzati i dati relativi alla sismicità dell'area di interesse e ad eventuali effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. Si sono tenute in considerazione anche la **classe d'uso III** e la **vita nominale pari a 50 anni**

Per tale caratterizzazione si riportano di seguito i dati di pericolosità come da normativa:

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.25 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.18
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.31

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 8.40$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 4.20$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.85 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.88$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.94$

5. VERIFICHE DI STABILITÀ GEOTECNICA – SINTESI DEI RISULTATI

Le procedure di calcolo, le impostazioni di progetto ed i risultati completi delle verifiche sono riportati nelle relazioni di calcolo ed i tabulati specifici. Nell'ambito dell'analisi e della modellazione geotecnica delle opere in progetto, per completezza di esposizione, si riportano di seguito gli esiti delle verifiche di stabilità geotecnica in sintesi:

MURI TIPO 1:

Verifiche geotecniche:

- Minimo coefficiente di sicurezza a scorrimento: 1.16
- Minimo coefficiente di sicurezza a ribaltamento: 4.88
- Minimo coefficiente di sicurezza a carico limite: 2.02
- Minimo coefficiente di sicurezza stabilità globale: 1.11

MURI TIPO 2:

Verifiche geotecniche:

- Minimo coefficiente di sicurezza a scorrimento: 1.17
- Minimo coefficiente di sicurezza a ribaltamento: 4.41
- Minimo coefficiente di sicurezza a carico limite: 2.01
- Minimo coefficiente di sicurezza stabilità globale: 1.10

MURI TIPO 3:

Verifiche geotecniche:

- Minimo coefficiente di sicurezza a scorrimento: 1.14
- Minimo coefficiente di sicurezza a ribaltamento: 4.59
- Minimo coefficiente di sicurezza a carico limite: 2.00
- Minimo coefficiente di sicurezza stabilità globale: 1.15