

(AL-E-1790) – INCARICO DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER I LAVORI DI ADEGUAMENTO DEI RILEVATI ARGINALI IN CORRISPONDENZA DEL NODO IDRAULICO BORMIDA - ORBA DAL PONTE AUTOSTRADALE A26 A PONTE FERROVIARIO SUL FIUME BORMIDA E SINO ALL'ABITATO DI CASAL CERMELLI NEL TRATTO DI MONTE - 2° LOTTO

CUP B15B18010240001 - CIG 8772035049



Largo 24 Agosto 1942, 33/A - Parma
 Tel. 0521-292795 - studiotelomayfly@studiotelo.it

IL RESPONSABILE DEL PROGETTO

In

CONSULENTI ESTERNI

Marini dott. Marco
geologo

Via San Luigi, 8 - Arona (NO)
 Tel. 347-2230473 - marcomarini_geologo@fastwebnet.it

DOTT.SSA ARCHEOLOGA
ANNALICE LEONI

Via Elia Capriolo, 4 - Brescia
 Tel. 347-8304024 - annalice.leoni@gmail.com

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOTECNICA

N° ELABORATO

PD.F

SCALA

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Gianluca Zanichelli

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
0	GIUGNO 2023	EMISSIONE	Ing. Cappato	Ing. Telò	Ing. Telò

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	4
4. RIEPILOGO CONCLUSIONI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA	4
4.1. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFIA DEL SUOLO	5
4.2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO	6
4.3. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	7
5. SOFTWARE UTILIZZATI	8
6. VERIFICHE DELLE OPERE IN PROGETTO	9
6.1. INTERVENTO 1: RINGROSSO IN QUOTA ED IN SAGOMA DELL'ARGINE STRATEGICO – SEZIONI S35-S05	9
6.1.1. Caratteristiche geometriche	9
6.1.2. Analisi dei Carichi	9
6.1.3. Verifiche Geotecniche	10
6.1.3.1 Verifica a Capacità Portante e Scorrimento (SLU)	10
6.1.3.2 Verifica dei Cedimenti (SLE)	11
6.1.3.3 Verifica a sifonamento	11
6.2. INTERVENTO 2: INTERVENTO 2: RINGROSSO IN QUOTA ED IN SAGOMA DELLO STRADELLO DI SERVIZIO DI CASCINA SAN MICHELE – SEZIONI M00-M08	12
6.2.1. Caratteristiche geometriche	12
6.2.2. Analisi dei Carichi	13
6.2.3. Verifiche Geotecniche	13
6.2.3.1 Verifica a Capacità Portante e Scorrimento (SLU)	13
6.2.3.2 Verifica dei Cedimenti (SLE)	15
6.2.3.3 Verifica a sifonamento	15
6.3. INTERVENTO 3: REALIZZAZIONE DI UNA SOGLIA STRAMAZZANTE E RINGROSSO IN SAGOMA DELL'ARGINE GOLENALE ESISTENTE	16
6.3.1. Caratteristiche geometriche	16
6.3.2. Verifiche Geotecniche	16
6.3.2.1 Verifica a sifonamento	16

1. PREMESSA

La presente relazione riporta le analisi e le verifiche geotecniche effettuate sull'interazione terreno struttura e sulla stabilità delle opere in terra.

Nei capitoli seguenti saranno riassunte le risultanze delle indagini geognostiche e la definizione del modello geotecnico del terreno che meglio descrive la stratigrafia del suolo caratterizzante l'area di interesse, in accordo con quanto riportato nell'elaborato "PD.E _ Relazione Geologica".

Le verifiche geotecniche per le opere in progetto sono state eseguite in considerazione degli Stati Limite dimostrando il rispetto dei requisiti di sicurezza imposti dalle normative vigenti NTC 2018.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche geotecniche delle opere in oggetto si svilupperà sulla base delle vigenti normative nazionali (NTC 2018) e, qualora non sufficienti e/o sufficientemente chiare in alcuni aspetti, le norme internazionali europee Eurocodici.

Le norme principali che saranno utilizzate sono:

- D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle 'Norme Tecniche per le Costruzioni'
- Circolare 21.01.2019 n. 7 CSLL.PP.
- Eurocodice 7 Progettazione Geotecnica

3. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Le opere oggetto di progettazione sono volte alla materializzazione della Fascia B di progetto individuata all'interno della Variante al PAI del torrente Orba, per il tratto OR02100 Portanuova – Ponte di Casal Cermelli, risalente al 2019. A seguito delle risultanze della modellazione idraulica, il tracciato della Fascia B di progetto è stato variato ulteriormente in funzione delle opere progettate in questa sede (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Data l'estensione delle opere, evidenziate in (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) è stato deciso di suddividere la progettazione in 3 interventi principali, descritti in dettaglio nei paragrafi successivi:

INTERVENTO 1: Ringrosso in quota ed in sagoma dell'argine strategico esistente dalla Sezione S35, ubicata nei pressi di Cascina Casseti, alla Sezione S05 per una lunghezza complessiva di circa 1600 m. Contestualmente a questo intervento verrà realizzata una pulizia del Fosso Acquanera ed un rivestimento in massi della sua sponda sinistra in tutto il tratto in affiancamento all'opera in progetto. Inoltre, è previsto il recupero ed il restauro del ripartitore di portata storico in mattoni presente in corrispondenza della sezione S14;

INTERVENTO 2: Ringrosso in quota ed in sagoma dello stradello di servizio della Cascina San Michele dalla sezione M00 alla sezione M08 di raccordo con l'argine esistente per una lunghezza complessiva pari a circa 410 m. Rientra in questo intervento anche la realizzazione di un manufatto chiavicale a paratoie mobili sul fosso Acquanera;

INTERVENTO 3: Realizzazione di una soglia stramazzante (L=40 m) sull'argine golenale esistente in corrispondenza della sezione T03 e ringrosso in quota ed in sagoma dell'argine esistente fino alla sezione T05, oltre al raccordo con gli interventi N°1 e N°2;

A seguito delle economie ricavate grazie alla riduzione dell'entità delle opere in progetto rispetto a quanto previsto all'interno della variante al PAI del 2019, è stato possibile inserire tra le opere in progetto alcune opere accessorie a beneficio della riduzione del rischio idraulico del tratto in esame di torrente Orba. Si è quindi deciso di realizzare una pista di servizio che potrà essere utilizzata dall'Ente Parco per una più agile gestione e manutenzione della Garzaia di Bosco Marengo, la quale si prevede che verrà naturalmente potenziata in quanto non verrà più coltivata.

Per una descrizione dettagliata degli interventi in progetto si rimanda alla Relazione Generale (Elaborato PD.B) e alle tavole grafiche di progetto relative agli interventi sopracitati.

4. RIEPILOGO CONCLUSIONI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA

In questo capitolo sono riassunti i risultati delle indagini geognostiche e delle analisi geologiche riportate nell'elaborato "PD.E _ Relazione Geologica".

4.1. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFIA DEL SUOLO

Durante le prove geognostiche sono stati effettuati n. 4 sondaggi che hanno mostrato una differenza nella stratigrafia del sottosuolo tra la zona a Sud e la zona a Nord della divergenza del Fosso Acquanera col tracciato arginale.

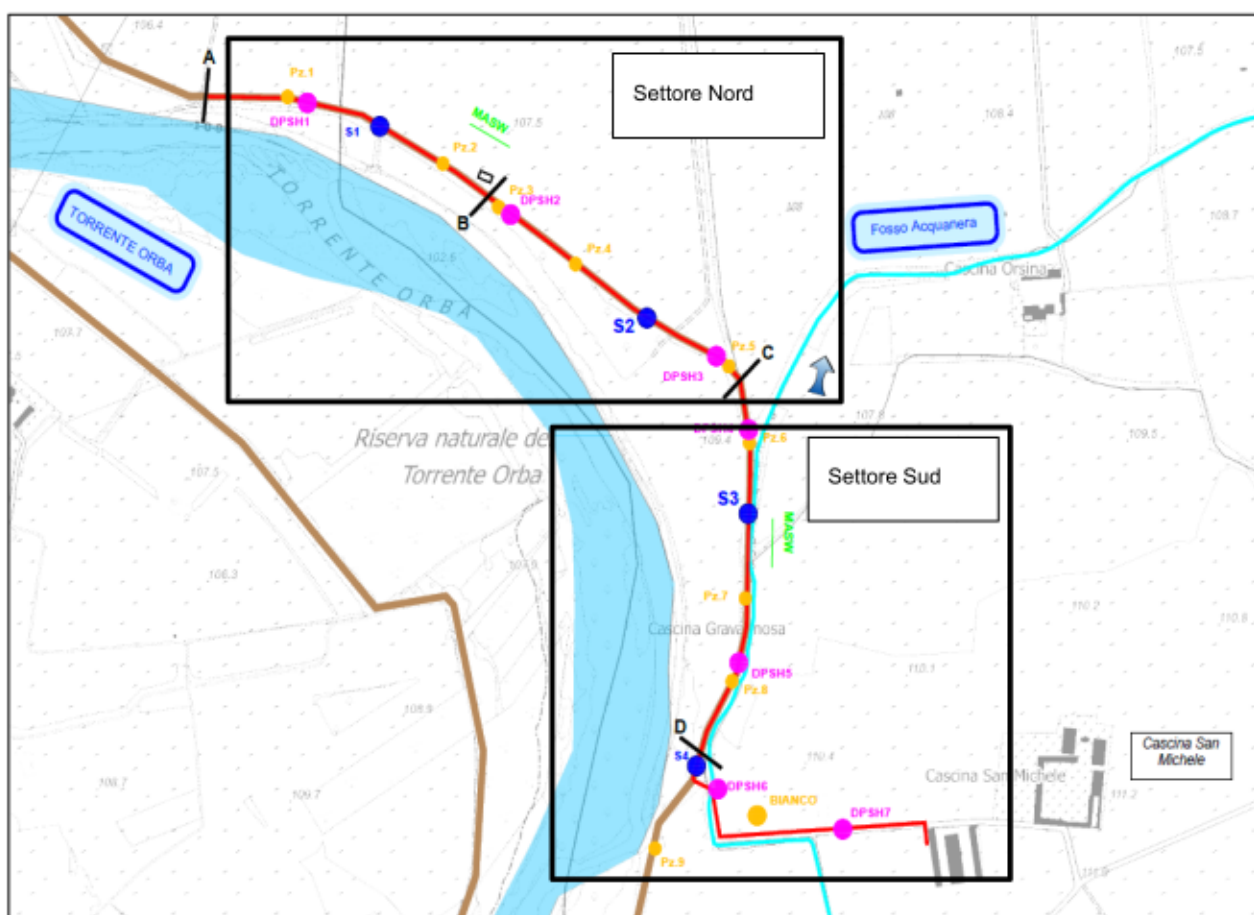


FIGURA 4-1: SUDDIVISIONE DEI SETTORI CARATTERIZZATI DA UNA DIVERSA STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

Unità geolitologica	g [t/mc]	f _k [°]	Cu _k [kg/cm ²]	spessore [m]	E' [kg/cm ²]	Eu [kg/cm ²]	k [m/s]
1 - Limo argilloso	1.6	23.6	0.11	2.1	87.2	26.3	0.0000245
2 - Limo sabbioso ghiaioso	1.7	31.4	0.54	2.7	132.7	65.3	
3 - Sabbia limoso ghiaiosa	1.8	33.7	1.07	1.5	193.6	103.8	
4 - Ghiaia sabbioso limosa	1.8	36.5	3.16	0.9	390.7	185.3	

FIGURA 4-2: MODELLO GEOTECNICO CARATTERIZZANTE IL SOTTOSUOLO NEL SETTORE NORD

Unità geolitologica	g [t/mc]	f _k [°]	Cu _k [kg/cm ²]	spessore [m]	E' [kg/cm ²]	Eu [kg/cm ²]	k [m/s]
1 - Limo argilloso	1.6	23.6	11	1.8	87.2	26.3	0.000135
2 - Limo sabbioso ghiaioso	1.7	31.4	0.54	0.9	132.7	65.3	
3 - Sabbia limoso ghiaiosa	1.8	33.7	1.07	2.4	193.6	103.8	
4 - Ghiaia sabbioso limosa	1.8	36.5	3.16	0.9	390.7	185.3	

FIGURA 4-3: MODELLO GEOTECNICO CARATTERIZZANTE IL SOTTOSUOLO NEL SETTORE SUD

4.2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO

I parametri che caratterizzano sismicamente il sito secondo le vigenti norme vengono di seguito riportati:

- Vita Nominale: $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso: II $\rightarrow C_u = 1.0$
- Periodo di riferimento: $V_R = V_N \cdot C_u = 50$ anni
- Categoria topografica: T1 (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ - vedi § 3.2.2 D.M. 17/01/2018*)
- Categoria di sottosuolo: C
- Parametri sismici caratteristici dell'area a SLV:

STATO LIMITE	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Salvaguardia della vita (SLV)	475	0,072	2,476	0,275

- Coefficienti sismici per le Verifiche a Stabilità Globale:

kh	kv	Ss	Cc	St	Amax	Beta
0,022	0,011	1,50	1,61	1,00	1,055	0,200

4.3. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Si riportano le tabelle riassuntive delle verifiche di suscettibilità alla liquefazione:

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

=====

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Strato	Prof. strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (kN/m ²)	S'vo (kN/m ²)	T	R	SF	Condizione
1	2,10	3,00	4,892	33,599	33,599	0,069	0,092	1,34	Livello non liquefacibile
2	4,80	21,00	23,632	79,499	79,499	0,066	0,549	8,36	Livello non liquefacibile
3	6,30	30,00	28,556	106,498	106,498	0,064	1,528	23,82	Livello non liquefacibile
4	15,00	50,00	28,973	268,096	219,062	0,067	1,669	24,84	Livello non liquefacibile

In conclusione il terreno costituente il sottosuolo non è suscettibile alla liquefazione.

5. SOFTWARE UTILIZZATI

CALIFFO 1.6.0.0

Califfo è un software per il calcolo della capacità portante e dei cedimenti di fondazioni superficiali sviluppato in forma collaborativa nel forum <http://bar-ingegneria.forumfree.it> e messo liberamente a disposizione degli utilizzatori, conforme alle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Per quanto possibile, tutte le formule e le relazioni implementate nel codice sono state ricavate dai documenti originali o, in mancanza di questi, da autorevoli pubblicazioni nelle quali le stesse erano riportate.

La capacità portante ultima q_{ult} di un terreno, ovvero la tensione limite che quel terreno è in grado di sopportare in condizioni di incipiente rottura, dipende da numerosi fattori, i principali dei quali sono rappresentati dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno stesso, dal tipo e dalla forma della fondazione, dalle dimensioni di quest'ultima, nonché dal tipo di rottura che si ammette possa verificarsi in quel terreno per effetto dei carichi che gli vengono applicati.

6. VERIFICHE DELLE OPERE IN PROGETTO

Come descritto nei capitoli precedenti le opere in progetto consistono principalmente in rilevati arginali fluviali.

Saranno, inoltre, posizionati massi ciclopici per la protezione del fondo.

6.1. INTERVENTO 1: RINGROSSO IN QUOTA ED IN SAGOMA DELL'ARGINE STRATEGICO – SEZIONI S35-S05

6.1.1. Caratteristiche geometriche

Le dimensioni in sezione del rilevato arginale non sono costanti pertanto si è deciso di verificare solamente la sezione trasversale più sfavorevole, ovvero la sezione S11.

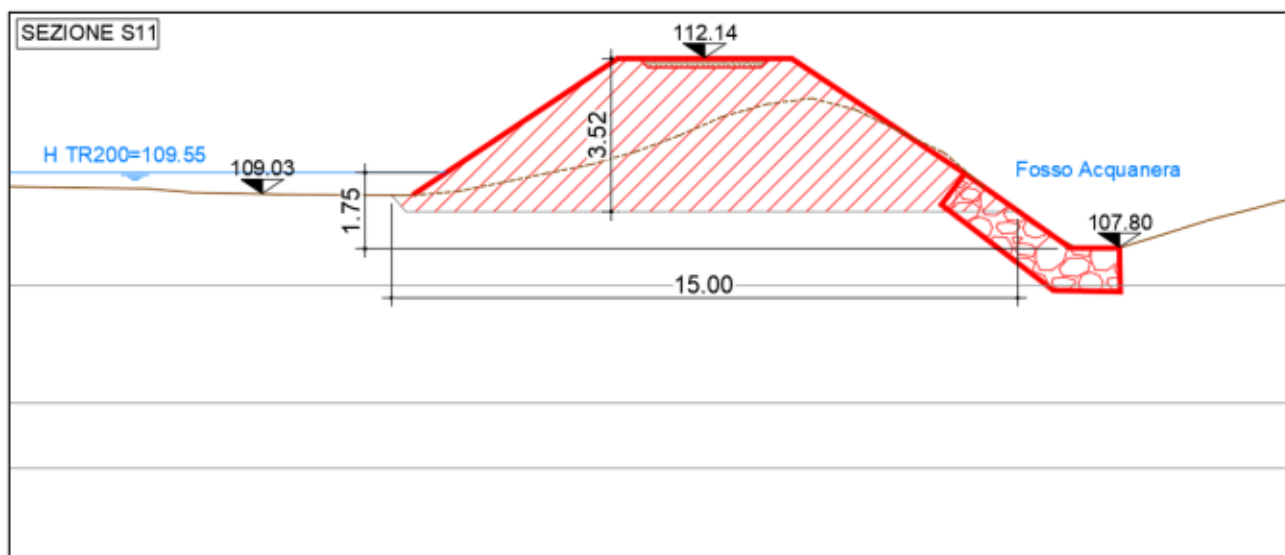


FIGURA 6-1: FIGURA RAPPRESENTATIVA DELL'OPERA OGGETTO DELLE VERIFICHE

6.1.2. Analisi dei Carichi

Vengono di seguito elencate le azioni agenti sul manufatto, riconducibili alla suddivisione prevista dal par.2.5.1.3 delle NTC18:

1. Azioni Permanenti

G₁ – peso proprio dell'opera in progetto: per il terreno di riporto, rullato e compattato, utilizzato per la realizzazione dell'opera è stato assunto un peso dell'unità di volume pari a 19 kN/m³;

2. Sovraccarichi

Q₁ – Carico Viaggiante: pari a 9.0 kN/m², come da NTC 2018.

6.1.3. Verifiche Geotecniche

6.1.3.1 Verifica a Capacità Portante e Scorrimento (SLU)

(Teoria utilizzata - BRINCH HANSEN 1970)

Descrizione sintetica della teoria utilizzata

$$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot (1 + s_c \cdot d_c \cdot i_c - b_c \cdot g_c + q_{tot} \cdot \cos \beta)$$

$$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B' \cdot L'$$

Fattori di capacità portante

$$N_c = \pi + 2$$

Fattori di forma (direzione B - Set B)

$$s_c =$$

$$0.2 \cdot i_{cB} \cdot B'/L'$$

Fattori di profondità (direzione B - set B)

$$d_{cB} = 0.4 \cdot K - \text{se } D \leq B \text{ } K = D/B \text{ altrimenti } K = \arctan(D/B)$$

Fattori di inclinazione dei carichi (direzione B - set B)

$$i_{cB} =$$

$$0.5 \cdot 0.5 \cdot \text{radq}(1 - V_y / (B' \cdot L' \cdot c_u))$$

Fattori di inclinazione base fondazione

$$b_c = 2 \cdot \eta / (\pi + 2) - \eta \text{ angolo inclinazione base}$$

Fattori di inclinazione pendio

$$g_c =$$

$$2 \cdot \beta / (\pi + 2)$$

Fattori di forma (direzione L - set L)

$$s_{cL} = 0.2 \cdot i_{cL} \cdot L'/B'$$

Fattori di profondità (direzione L - set L)

$$d_{cL} =$$

$$0.4 \cdot K - \text{se } D \leq L' \text{ } K = D/L' \text{ altrimenti } K = \arctan(D/L')$$

Fattori di inclinazione dei carichi (direzione L - set L)

$$i_{cL} = 0.5 \cdot 0.5 \cdot \text{radq}(1 - V_x / (B' \cdot L' \cdot c_u))$$

Se $1 + s_{cB} + d_{cB} \cdot i_{cB} < 1 + s_{cL} + d_{cL} \cdot i_{cL}$ viene utilizzato per il primo e secondo termine della equazione trinomia il Set B dei fattori di forma, profondità, inclinazione. Altrimenti vengono utilizzati i fattori del Set L

q_{tot}: pressione litostatica alla profondità D (0.30 m di imposta fondazione: 4.80 kPa)

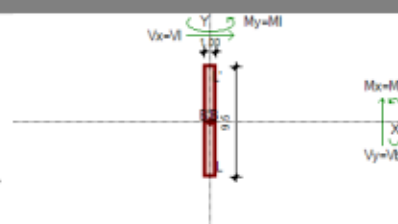
I valori di γ , c_u sono i parametri geotecnici di calcolo dello strato equivalente (vedi tabella sopra riportata)

B', L': Dimensioni efficaci della fondazione (B' = B - 2 · M_y/N - L' = L - 2 · M_x/N) (se B' > L' le due dimensioni vengono scambiate tra loro)

π : valore di phi greco (3.14159...)

Combinazione Statica (Approccio 2: A1 + M1 + R3)

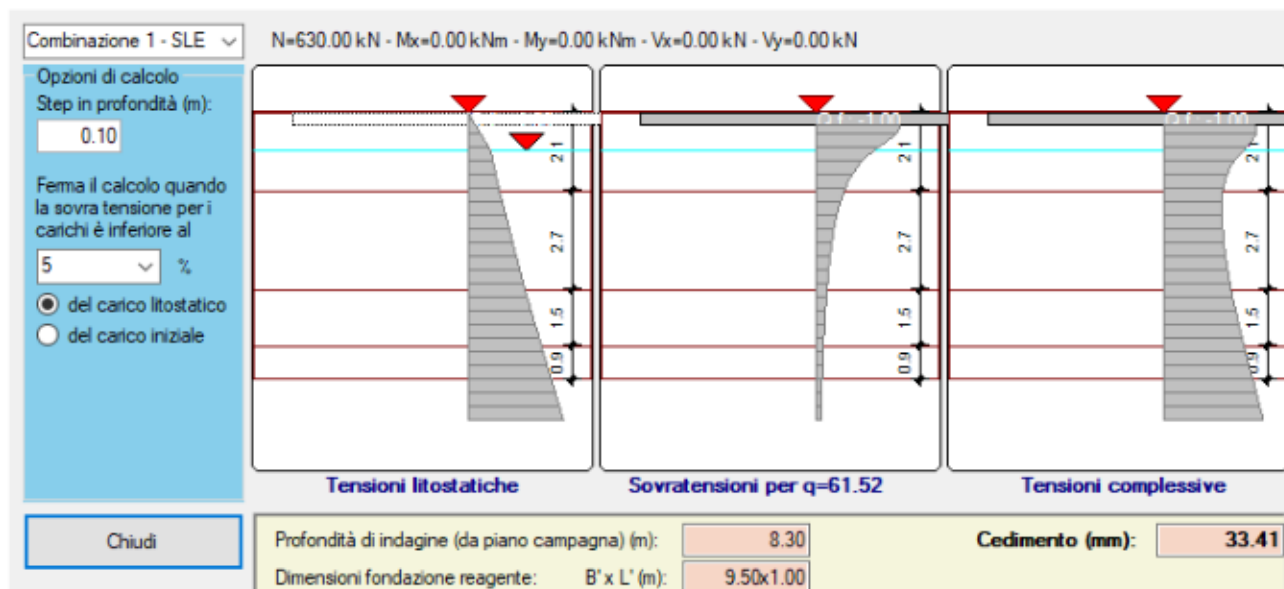
Combinazione di carico: 1 - statica					B'=9.50 m; L'=1.00 m		
N (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	V _x (kN)	V _y (kN)			
630.00					Riferimento globale		
630.00					Riferimento locale		
Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	0.021	0.013	0.000	0.000			1.034
q							
y							
q _{ult} = 1244.63 kPa	Q _{ult} = 11823.96 kN		R=Q _{ult} /N = 18.768		> R3=2.3		
H= 0.00 kN	R _{scorr} = 95.00 kN		R=R _{scorr} /H= Infinito		> R3=1.1		



6.1.3.2 Verifica dei Cedimenti (SLE)

(Teoria utilizzata – Cedimenti Edometrici)

Cedimento con metodo edometrico



Il cedimento atteso è pari a **circa 3.30 cm** e si valuta compatibile con il tipo di struttura e di terreno considerati.

6.1.3.3 Verifica a sifonamento

Questa verifica è stata condotta in accordo con le prescrizioni delle NTC 2018, ovvero confrontando che il gradiente idraulico i risulti inferiore al gradiente idraulico critico i_c a meno del coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_R=3$.

$$\frac{i_c}{i} \geq \gamma_R$$

Dove:

- $i_c = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w}$, γ_{sat} = peso specifico saturo del terreno di fondazione, γ_w = peso specifico dell'acqua
- $i = \frac{\Delta H}{L}$, ΔH = gradiente idraulico tra monte e valle, L = percorso idraulico tra monte e valle.

VERIFICA	
$i_c / i > 3$	
5.4	OK

6.2. INTERVENTO 2: INTERVENTO 2: RINGROSSO IN QUOTA ED IN SAGOMA DELLO STRADELLO DI SERVIZIO DI CASCINA SAN MICHELE – SEZIONI M00-M08

6.2.1. Caratteristiche geometriche

Le dimensioni in sezione del rilevato arginale non sono costanti pertanto si è deciso di verificare solamente la sezione trasversale più sfavorevole, ovvero la sezione M05.

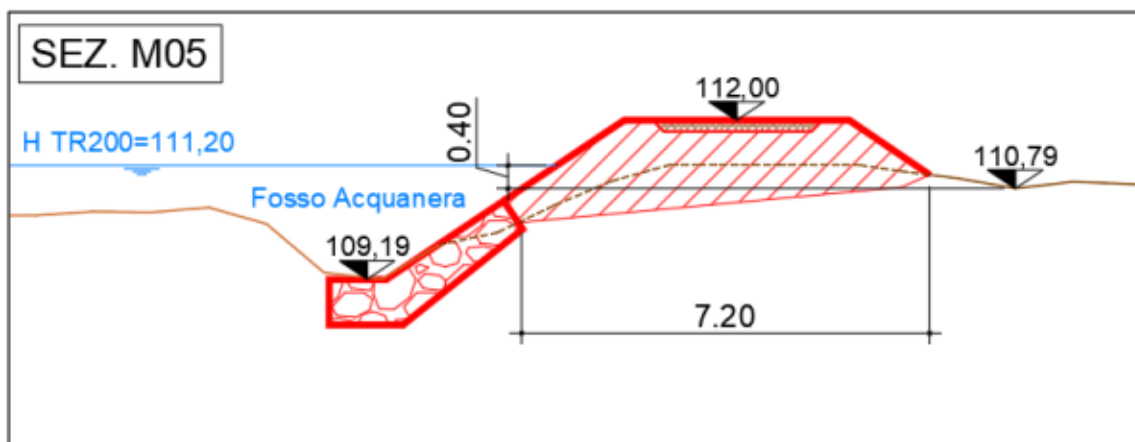


FIGURA 6-2: FIGURA RAPPRESENTATIVA DELL'OPERA OGGETTO DELLE VERIFICHE

6.2.2. Analisi dei Carichi

Vengono di seguito elencate le azioni agenti sul manufatto, riconducibili alla suddivisione prevista dal par.2.5.1.3 delle NTC18:

3. Azioni Permanenti

G_1 – peso proprio dell'opera in progetto: per il terreno di riporto, rullato e compattato, utilizzato per la realizzazione dell'opera è stato assunto un peso dell'unità di volume pari a 19 kN/m³;

4. Sovraccarichi

Q_1 – Carico Viaggiante: pari a 9.0 kN/m², come da NTC 2018.

6.2.3. Verifiche Geotecniche

6.2.3.1 Verifica a Capacità Portante e Scorrimento (SLU)

(Teoria utilizzata - EC7-2004)

Descrizione sintetica della teoria utilizzata

$$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c + q_{tot}$$

$$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B' \cdot L'$$

Fattori di capacità portante

$$N_c = \pi + 2$$

Fattori di forma

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot B'/L' - \text{oppure } 1.2 \text{ per fondazioni quadrate}$$

Fattori di inclinazione dei carichi

$$i_c = 0.5 + 0.5 \cdot \arctan(1 - V/(B' \cdot L' \cdot c_u))$$

Fattori di inclinazione base fondazione

$$b_c = 1 - 2 \cdot \eta / (\pi + 2) - \eta \text{ angolo inclinazione base}$$

q_{tot} : pressione litostatica alla profondità D (0.30 m di imposta fondazione: 4.80 kPa)

I valori di y , c_u sono i parametri geotecnici di calcolo dello strato equivalente (vedi tabella sopra riportata)

B' , L' : Dimensioni efficaci della fondazione ($B' = B - 2 \cdot M_x/N$ - $L' = L - 2 \cdot M_y/N$) (se $B' > L'$ le due dimensioni vengono scambiate tra loro)

V risultante dei tagli $\arctan(\sqrt{V_x^2 + V_y^2})$

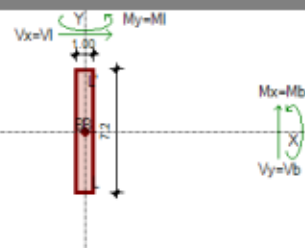
π : valore di phi greco (3.14159...)

V risultante dei tagli $\arctan(\sqrt{V_x^2 + V_y^2})$ - N sforzo normale

Combinazione Statica (Approccio 2: A1 + M1 + R3)

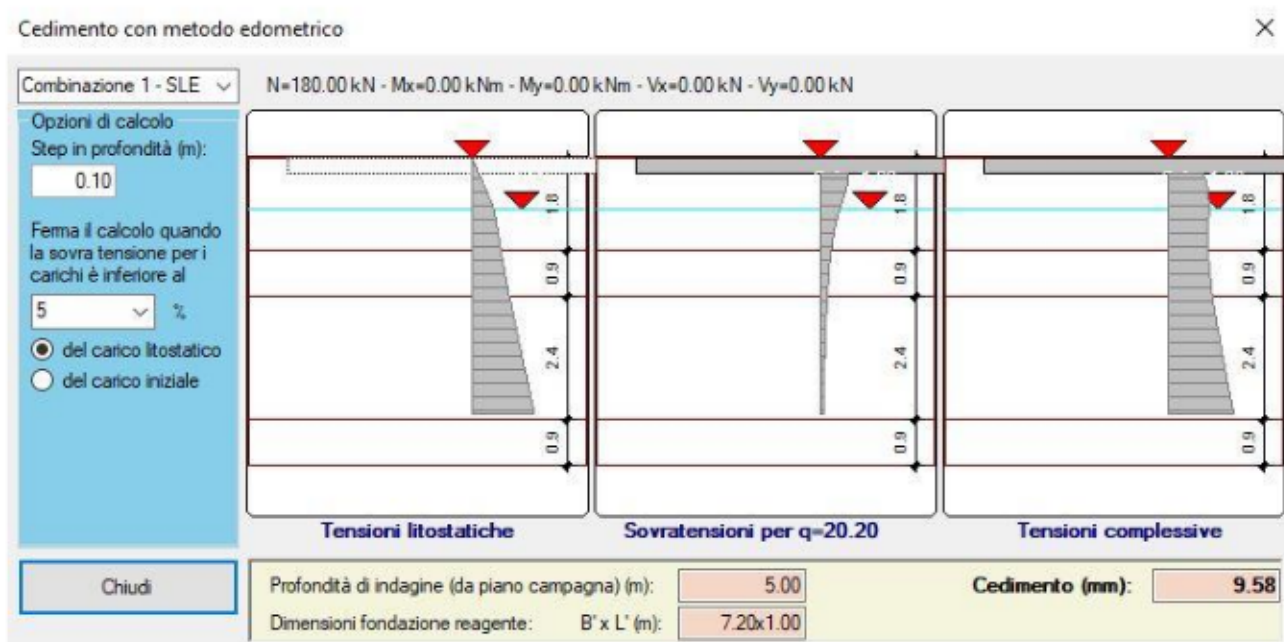
Combinazione di carico: 1 - statica					B'=7.20 m; L'=1.00 m		
N (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	V _x (kN)	V _y (kN)			
180.00					Riferimento globale		
180.00					Riferimento locale		
Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1.028		1.000	1.000			1.028
q							
y							

$q_{ult} = 1235.63 \text{ kPa}$ $Q_{ult} = 8896.52 \text{ kN}$ $R = Q_{ult}/N = 49.425$ $> R3 = 2.3$
 $H = 0.00 \text{ kN}$ $R_{scor} = 72.00 \text{ kN}$ $R = R_{scor}/H = \text{Infinito}$ $> R3 = 1.1$



6.2.3.2 Verifica dei Cedimenti (SLE)

(Teoria utilizzata – Cedimenti Edometrici)



Il cedimento atteso è pari a **circa 9.58 cm** e si valuta compatibile con il tipo di struttura e di terreno considerati.

6.2.3.3 Verifica a sifonamento

Questa verifica è stata condotta in accordo con le prescrizioni delle NTC 2018, ovvero confrontando che il gradiente idraulico i risulti inferiore al gradiente idraulico critico i_c a meno del coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_R=3$.

$$\frac{i_c}{i} \geq \gamma_R$$

Dove:

- $i_c = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w}$, γ_{sat} = peso specifico saturo del terreno di fondazione, γ_w = peso specifico dell'acqua
- $i = \frac{\Delta H}{L}$, ΔH = gradiente idraulico tra monte e valle, L = percorso idraulico tra monte e valle.

VERIFICA	
$i_c / i > 3$	
11.4	OK

6.3. INTERVENTO 3: REALIZZAZIONE DI UNA SOGLIA STRAMAZZANTE E RINGROSSO IN SAGOMA DELL'ARGINE GOLENALE ESISTENTE

6.3.1. Caratteristiche geometriche

Le dimensioni in sezione dell'opera non sono costanti pertanto si è deciso di verificare solamente la sezione trasversale più sfavorevole, ovvero la sezione T03 in corrispondenza dello stramazzo.

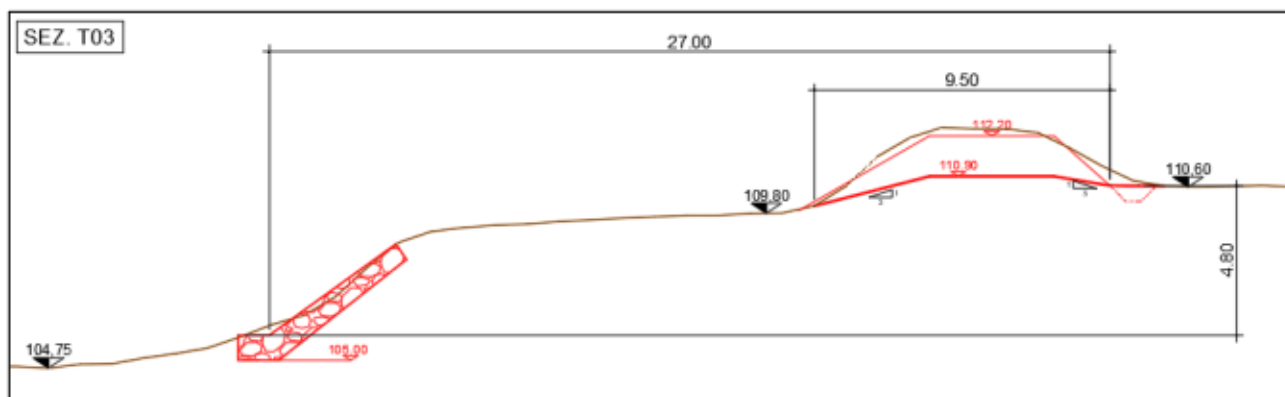


FIGURA 6-3: FIGURA RAPPRESENTATIVA DELL'OPERA OGGETTO DELLE VERIFICHE

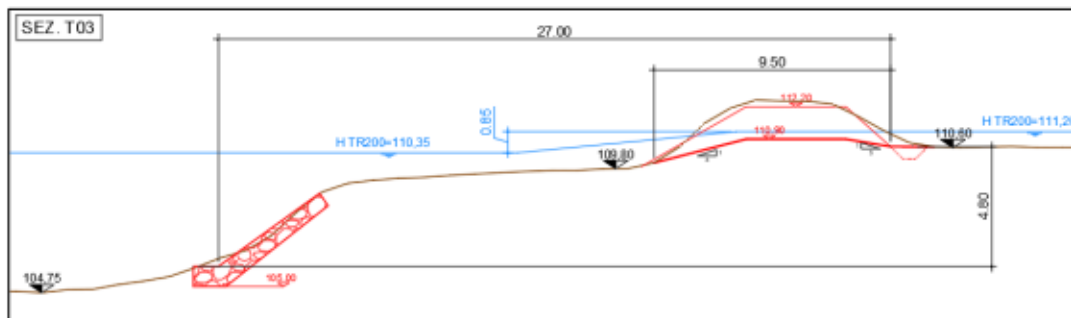
6.3.2. Verifiche Geotecniche

6.3.2.1 Verifica a sifonamento

La verifica a sifonamento è stata condotta considerando 2 diverse configurazioni di livelli idrometrici:

- La prima configurazione rappresenta l'istante di picco del tirante idrico lato campagna (a destra dello stramazzo) e il corrispondente tirante che si instaura nel medesimo istante temporale nel Torr. Orba;
- La seconda configurazione rappresenta la condizione ipotetica più sfavorevole di rapido svuotamento nel Torr. Orba e tirante di picco lato campagna come nella precedente configurazione.

Configurazione rappresentativa dell'istante di picco



Questa verifica è stata condotta in accordo con le prescrizioni delle NTC 2018, ovvero confrontando che il gradiente idraulico i risulti inferiore al gradiente idraulico critico i_c a meno del coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_R=3$.

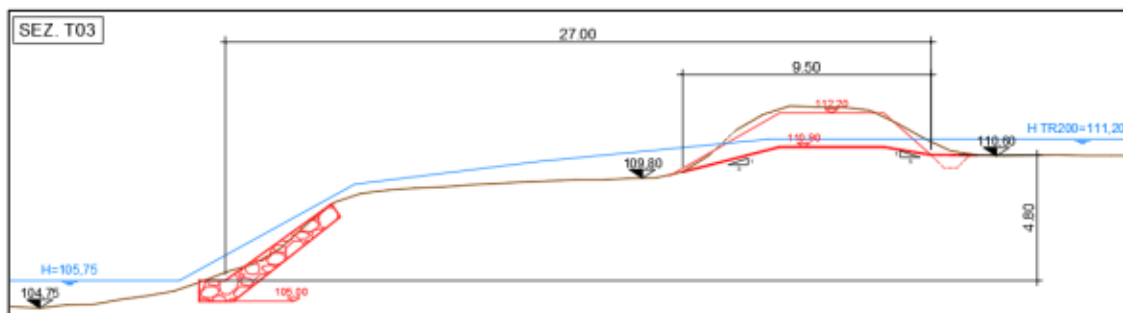
$$\frac{i_c}{i} \geq \gamma_R$$

Dove:

- $i_c = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w}$, γ_{sat} = peso specifico saturo del terreno di fondazione, γ_w = peso specifico dell'acqua
- $i = \frac{\Delta H}{L}$, ΔH = gradiente idraulico tra monte e valle, L = percorso idraulico tra monte e valle.

VERIFICA	
$i_c / i > 3$	
23.6	OK

Configurazione rappresentativa del rapido svuotamento del Torr. Orba



Questa verifica è stata condotta in accordo con le prescrizioni delle NTC 2018, ovvero confrontando che il gradiente idraulico i risulti inferiore al gradiente idraulico critico i_c a meno del coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_R=3$.

$$\frac{i_c}{i} \geq \gamma_R$$

Dove:

- $i_c = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w}$, γ_{sat} = peso specifico saturo del terreno di fondazione, γ_w = peso specifico dell'acqua
- $i = \frac{\Delta H}{L}$, ΔH = gradiente idraulico tra monte e valle, L = percorso idraulico tra monte e valle.

VERIFICA	
$i_c / i > 3$	
3.7	OK