



COMUNE DI GINOSA

Provincia di Taranto

Regione Puglia

Interventi di miglioramento sui recapiti
finali costituiti da CISNS e dal suolo -
Rinaturalizzazione del canale
Galaso-Marinella, recapito finale
dell' agglomerato urbano di Ginosola Marina

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica

ELABORATO	DATA
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="marzo 2013"/>
REDAZIONE	RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ing. Giorgio ZUCCARO	geom. Vincenzo MALAGNINI

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORME DI RIFERIMENTO	3
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
4. VERIFICHE DI STABILITÀ	6
4.1 Condizioni di sismicità dell'area di riferimento per la verifica	6
4.2 Metodo di analisi al calcolo della stabilità in presenza della sollecitazione sismica	6
4.3 Impostazione della verifica in condizioni sismiche ai sensi del D.M. 14.01.2008	7
4.4 Parametri geotecnici di riferimento della sezione tipo e risultati della verifica	9
5. VERIFICHE DI FILTRAZIONE	11

1. PREMESSA

Con la presente relazione si esaminano le opere in progetto per i lavori di ripristino dei rilevati arginali con specifico riferimento agli aspetti di carattere geotecnico.

Nella presente relazione pertanto, conformemente a quanto disposto da D.M. 14.01.2008., in merito ai contenuti della Relazione Geotecnica si forniscono:

1. la caratterizzazione geotecnica di massima del terreno interessato;
2. i criteri di progettazione e verifica;
3. le indicazioni sulle modalità esecutive.

Nell'ambito del **progetto definitivo del canale Galaso-Marinella: recapito finale dell'agglomerato urbano di Ginosa Marina**, è necessario prevedere il rifacimento di alcune arginature che a causa dei recenti eventi calamitosi (alluvione dei giorni 1-2 marzo 2011) hanno mostrato evidenti cenni di cedimento. Dette arginature sono state verificate per contenere una piena con tempo di ritorno 200 anni con adeguato franco di sicurezza.

La presente relazione illustra metodologie e risultati di calcolo relativi alla verifica di stabilità del rilevato arginale.

Le verifiche sono state eseguite sulla base della caratterizzazione dei materiali dell'argine esistente e di progetto assumendo, dove opportuno, approssimazioni ed assunzioni a favore della cautelatività.

Le modalità esecutive delle verifiche geotecniche sono coerenti con le indicazioni di cui all'ex OPCM 3274/03, ripreso dal D.M. 14.01.2008, per quanto riguarda le condizioni sismiche dell'area e le conseguenti modalità tecniche di verifica.

Il rilevato arginale verrà ripristinato utilizzando una sezione del tipo riportato in figura seguente:

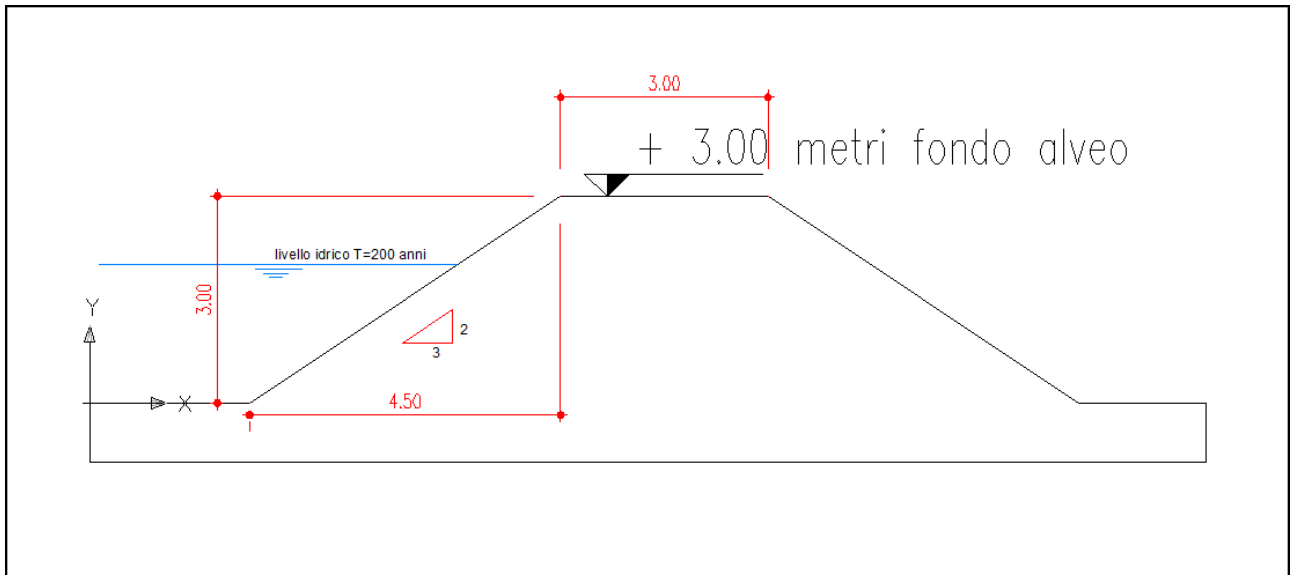


Figura 1: Sezione di ripristino del rilevato arginale

2. NORME DI RIFERIMENTO

Il progetto delle opere di fondazione è stato redatto in conformità con le prescrizioni della normativa vigente nel nostro Paese e con indicazioni contenute in pubblicazioni specializzate. Si riporta di seguito un elenco delle norme e pubblicazioni tecniche utilizzate per la redazione del progetto.

- 1) Circolare Min. LL.PP. 31.07.1979 n.19581 “Legge 05.11.1971, n.1086, art.7 - Collaudo statico.”,
- 2) Legge 02.02.1974 n.64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.”,
- 3) D.M. Min. LL.PP. 16.01.1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.”,
- 4) Circolare Min. LL.PP. 10.04.1997 n.65 “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. Min. LL.PP. 16.01.1996.”,
- 5) D.M. Min. LL.PP. 16.01.1996 “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.”,
- 6) Circolare Min. LL.PP. 04.07.1996 n.156 AA.GG./STC “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al D.M. Min. LL.PP. 16.01.1996.”,
- 7) D.M. Min. LL.PP. 11.03.1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.”,
- 8) Circolare Min. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 “Legge 02.02.1974 n.64, art.1 – D.M. Min. LL.PP. 11.03.1988. Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.”,
- 9) Circolare Min. LL.PP. 09.01.1996 n.218 “Legge 02.02.1974 n.64 – D.M. Min. LL.PP. 11.03.1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.”.
- 8) C.N.R. - 10024 / 86. Analisi mediante l’elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.
- 9) D.M. 14.01.2008, Norme tecniche per le costruzioni.

3. DESCRIZIONE DELL’INTERVENTO

Il recapito finale del depuratore di Ginosa Marina, costituito dai tratti terminali del collettore della Marinella e dal torrente Galaso, risulta essere più volte danneggiato dall’ azione erosiva delle acque in piena dell’ alluvione del 2 marzo 2011.

Nel corso dell’ alluvione, infatti, le acque provenienti dal fiume Bradano, situato in riva destra idraulica rispetto al collettore della Marinella, hanno investito dal lato campagna e sormontato gli argini dello stesso collettore. Tali argini, essendo realizzati in terra, sono stati quindi erosi dall’ azione dell’ acqua che ha lasciato diverse brecce.

Successivamente, l’ azione erosiva dell’ acqua ha provocato altri crolli e rimaneggiamenti anche lungo i rilevati arginali del torrente Galaso anche se, questa volta, a causa del deflusso interno agli argini e non per via di deflussi provenienti dalle aree golenali. In corrispondenza dell’ immissione

del canale Salinella, in particolare, si nota un tratto molto lungo di argine destro che è stato eroso al piede e che presenta un serio rischio di crollo.

Nell' elaborato "planimetria di progetto" è possibile osservare in dettaglio la posizione e l' estensione dei tratti arginali rimaneggiati, mentre nelle figure seguenti è possibile osservare la situazione attuale.



Figura 2: Vista della breccia dell' argine destro del collettore della Marinella situata all' altezza dell' organo di sottopasso del terzo colatore della Marinella



Figura 3: Vista della breccia dell' argine destro del collettore della Marinella situata a monte della paratoia di scarico delle acque alte del terzo colatore della Marinella nello stesso collettore della Marinella



Figura 4: Vista dei danneggiamenti subiti dall' argine sinistro del collettore della Marinella, posto di fronte alla breccia della figura precedente, a causa dell' impatto e del sormonto della corrente in piena

4. VERIFICHE DI STABILITÀ

4.1 Condizioni di sismicità dell'area di riferimento per la verifica

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente" di conseguenza il sito di Ginosa Marina si hanno i seguenti parametri di pericolosità sismica:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,048	2,459	0,317
S.L.D.	101,0	0,05	2,557	0,331
S.L.V.	949,0	0,144	2,585	0,363
S.L.C.	1950,0	0,177	2,644	0,369

Per quanto riguarda i terreni di fondazione del rilevato, questi sono costituiti da Depositi di "fondo marino" o depositi palustri e depositi costieri recenti e attuali.

Si tratta di materiali variabili da coesivi (argille plastiche e di media plasticità) a depositi sabbiosi da poco a mediamente addensati.

A titolo indicativo, si ritiene che ai terreni in esame corrisponda una categoria di suolo di fondazione di tipo "C" o localmente "D", ovvero:

C – *"Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza* ",

D – *"Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente addensati* ",

In via cautelativa si ritiene opportuno il riferimento alla categoria di suolo più sfavorevole, ovvero la tipologia D.

4.2 Metodo di analisi al calcolo della stabilità in presenza della sollecitazione sismica

L'analisi di stabilità viene effettuata impiegando i metodi dell'equilibrio limite, in cui si ipotizza il terreno rigido-plastico e l'esistenza di una superficie di scorrimento, lungo cui la resistenza al taglio mobilitata viene valutata mediante criteri di rottura tipo Mohr-Coulomb.

Per il calcolo dell'equilibrio limite, effettuato mediante il software Geostru Slope 2009, è stato utilizzato il classico metodo di Bishop, per la cui descrizione di dettaglio si rimanda alla letteratura specifica.

Tale approccio, tradizionalmente annoverato tra i cosiddetti *"metodi semplificati"* si basa sulla semplificazione del legame costitutivo associato ai materiali, ipotizzandolo rigido-plastico, ovvero non considerando la deformabilità dell'opera.

Per quanto riguarda la schematizzazione dell'input sismico il modello utilizza i criteri di tipo "pseudostatico", che assimilano l'azione sismica a forze statiche equivalenti.

Tale approccio, pur conducendo a valutazioni meno realistiche rispetto a quello pseudodinamico (tipo Newmark, 1965), non richiede come quest'ultimo la conoscenza dell'accelerogramma, risultando lo strumento di più semplice applicazione, e fornisce generalmente stime a favore della sicurezza.

4.3 Impostazione della verifica in condizioni sismiche ai sensi del D.M. 14.01.2008

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W : peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito; g accelerazione di gravità. Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

In base alla normativa vigente, vengono definiti i seguenti parametri sismici, funzione della classificazione del sito e dell'opera:

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Descrizione:	Ginosa Marina
Latitudine:	40,4343
Longitudine:	16,8841
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,048	2,459	0,317
S.L.D.	101,0	0,05	2,557	0,331
S.L.V.	949,0	0,144	2,585	0,363
S.L.C.	1950,0	0,177	2,644	0,369

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,0864	0,2	0,0018	0,0009
S.L.D.	0,09	0,2	0,0018	0,0009
S.L.V.	0,2592	0,2	0,0053	0,0026
S.L.C.	0,3186	0,2	0,0065	0,0032

=====
Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0065

Coefficiente azione sismica verticale

0,0032

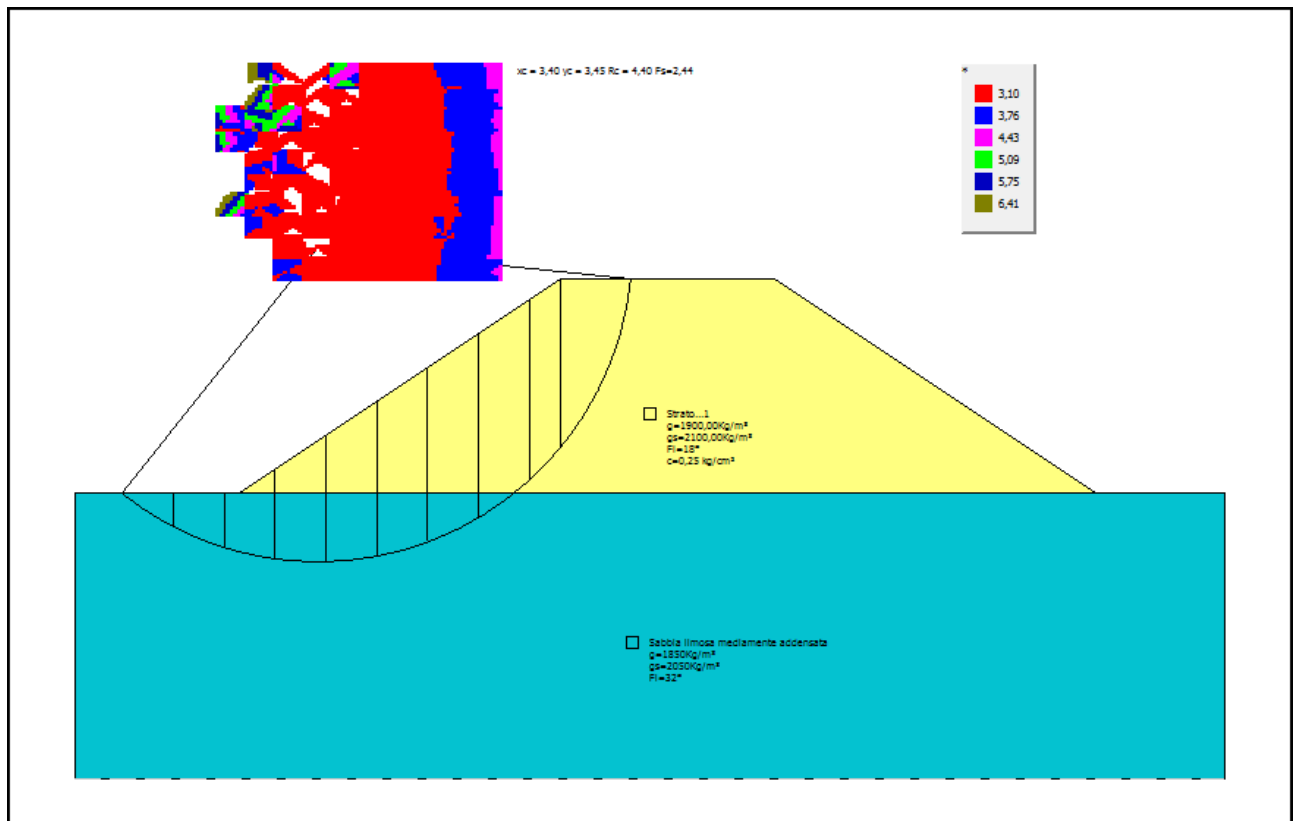


Figura 5: Schema di calcolo utilizzato per la verifica di stabilità

4.4 Parametri geotecnici di riferimento della sezione tipo e risultati della verifica

Le verifiche di stabilità sono state condotte considerando le condizioni a lungo termine, che sono le piu' sfavorevoli alla sicurezza. Sono stati conseguentemente utilizzati i parametri geotecnici di angolo di resistenza al taglio e coesione **drenati**.

I parametri geotecnici utilizzati per la verifica costituiscono pertanto il riferimento per i materiali che dovranno essere utilizzati per la realizzazione e adeguamento del rilevato.

La verifica è stata eseguita in riferimento ad un rilevato assunto come costituito da argille di media consistenza, caratterizzato dai seguenti parametri:

$$\gamma = \gamma_s = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 25 \text{ kPa}$$

$$\phi = 18^\circ$$

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0,25	18	1900	2100	0,00	Terreno rilevato arginale di progetto
2	0	32	1850	2050	0,00	Sabbia limosa mediamente addensata, fondazione rilevato

Tabella 1: Caratteristiche dei materiali utilizzati per la verifica di stabilità

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,44
Ascissa centro superficie	3,4 m
Ordinata centro superficie	3,45 m
Raggio superficie	4,4 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei concii. Superficie...xc = 3,40 yc = 3,45 Rc = 4,404 Fs=2,4378

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,71	-32,9	0,85	335,5	2,18	1,07	0,0	32,0	0,0	479,1	122,8
2	0,71	-22,4	0,77	823,86	5,36	2,64	0,0	32,0	0,0	996,0	255,3
3	0,71	-12,6	0,73	1246,07	8,1	3,99	0,0	32,0	0,0	1354,5	347,2
4	0,71	-3,2	0,71	2017,94	13,12	6,46	0,0	32,0	0,0	2050,6	525,6
5	0,71	6,1	0,72	2636,49	17,14	8,44	0,0	32,0	0,0	2580,9	661,5
6	0,71	15,6	0,74	3099,82	20,15	9,92	0,0	32,0	0,0	3003,4	769,8
7	0,71	25,5	0,79	3392,05	22,05	10,85	0,0	32,0	0,0	3348,9	858,4
8	0,71	36,4	0,88	3474,98	22,59	11,12	0,0	32,0	0,0	3631,6	930,9
9	0,44	46,4	0,64	2060,79	13,4	6,59	0,25	18,0	0,0	2014,9	926,0
10	0,98	67,3	2,55	3010,15	19,57	9,63	0,25	18,0	0,0	1181,0	2768,9

Il fattore di sicurezza minimo per tale scenario di verifica è pari a 2.44.

La superficie di verifica con Fs minimo e i parametri di verifica sono indicati nello schema grafico di figura 5.

Per tale scenario, e in riferimento a materiali con tali specifiche caratteristiche geotecniche, la stabilità del rilevato risulta pertanto verificata, ai sensi della succitata vigente normativa.

5. VERIFICHE DI FILTRAZIONE

Al fine di assecondare le richieste espresse dall' Autorità di Bacino della Puglia sul presente progetto definitivo mediante il parere del 14/10/2011, appare necessario effettuare una verifica riguardo ai moti di filtrazione per il rilevato arginale in progetto.

In maniera analoga a quanto effettuato in precedenza, pertanto, è stata effettuata una verifica in condizioni non drenate con la presenza di un livello di pelo libero ad una quota inferiore di 1.00 m rispetto alla quota di sommità arginale.

Per tale verifica è stato utilizzato il codice di calcolo Slide della Rocscience e nelle figure seguenti è mostrato il dettaglio della configurazione di progetto (la seconda figura, in particolare, mostra un ingrandimento della zona dell' argine).

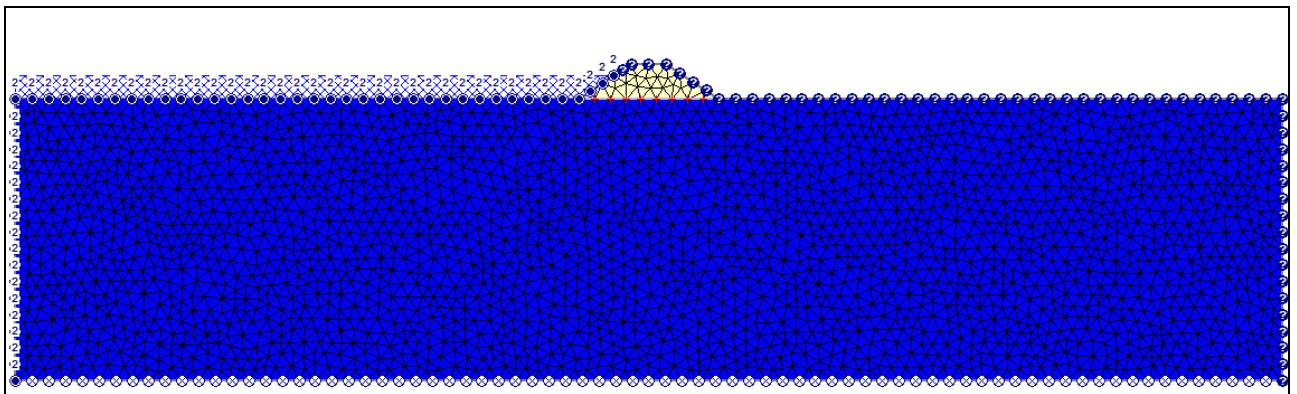


Figura 6: Schema di calcolo utilizzato per la verifica di filtrazione

Come coefficienti aggiuntivi, oltre a quelli già indicati nella precedente tabella 1, sono stati considerati i seguenti valori per la permeabilità:

1. 10^{-4} m/s (0.01 cm/s) per il materiale costituente il rilevato arginale in progetto;
2. 10^{-2} m/s (1 cm/s) per il materiale caratterizzante la fondazione del rilevato.

Tali coefficienti appaiono fortemente cautelativi in relazione alle effettive condizioni del sottosuolo ed alle caratteristiche prestazionali richieste al rilevato arginale in progetto indicate nel presente progetto definitivo.

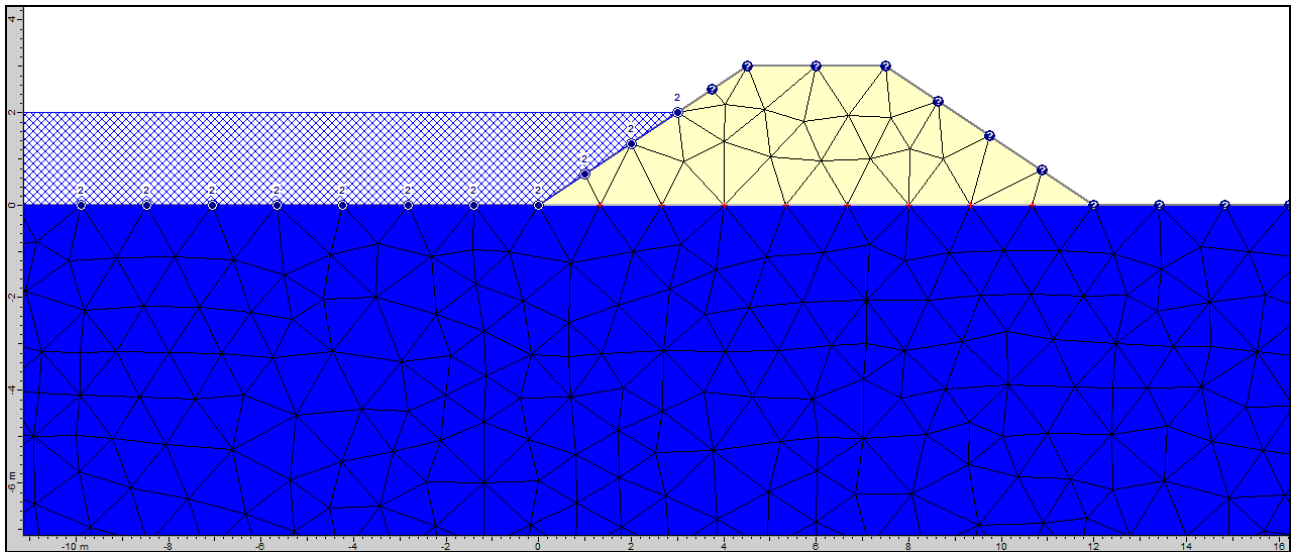


Figura 7: Schema di calcolo utilizzato per la verifica di filtrazione (ingrandimento della zona dell' argine)

Nelle figure seguenti è mostrato il risultato dell' analisi effettuata attraverso la visualizzazione della quota piezometrica (in fucsia) e delle pressioni interstiziali restituite dal codice di calcolo (la seconda figura, in particolare, mostra un ingrandimento della zona dell' argine).

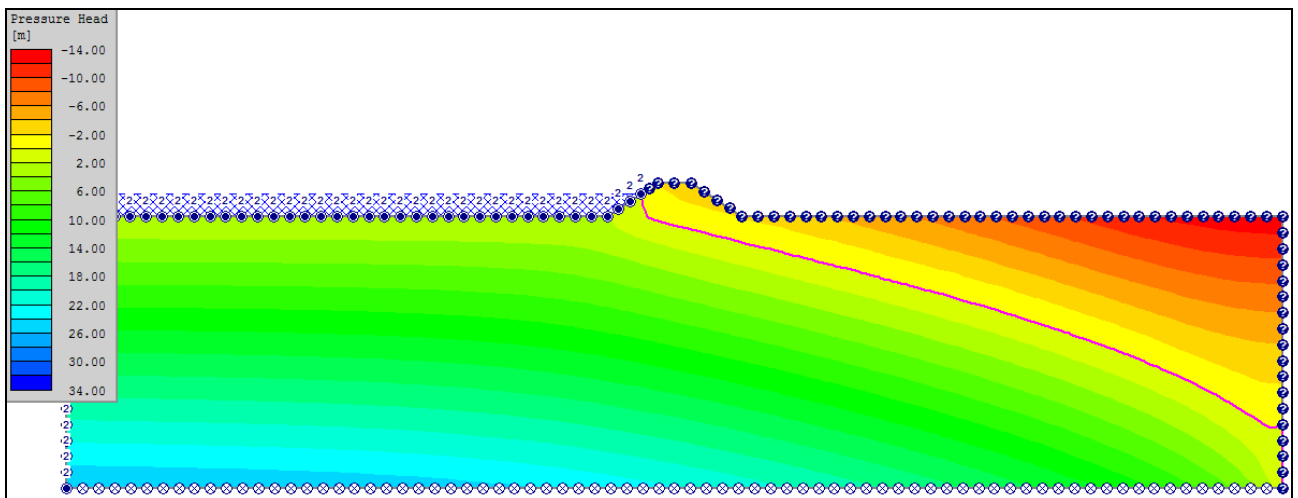


Figura 8: Risultato della verifica di filtrazione

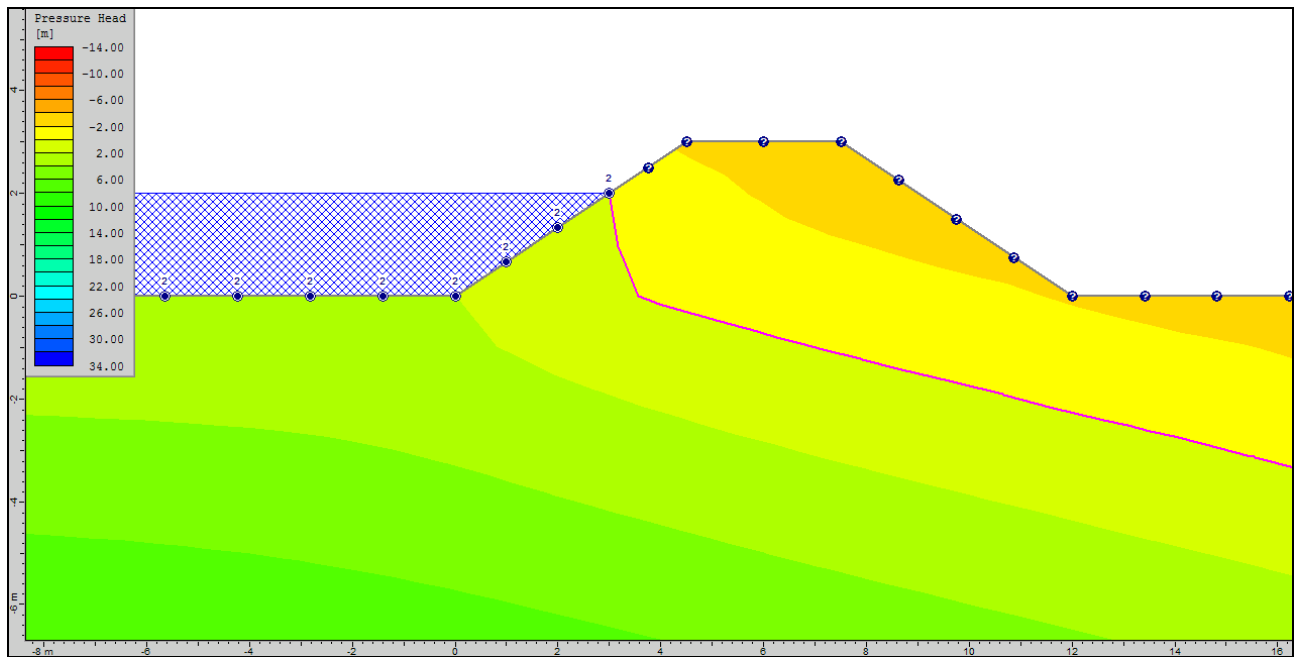


Figura 9: Risultato della verifica di filtrazione (ingrandimento della zona dell' argine)

Tali figure mostrano chiaramente come il rilevato arginale in progetto sia pienamente verificato ai moti di filtrazione in caso di evento di piena con un livello di pelo libero inferiore di 1.00 m rispetto alla quota di sommità arginale.