

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

I 18 - SITO DI VILLANOVA DI ALBENGA

SISTEMAZIONE AREE SITO

Relazione di calcolo rilevati

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I V 0 I 0 0 D 2 6 C L I A X 3 0 0 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A.Vanni	Feb.2022	M. Severi	Feb.2022	G. Fadda	Feb. 2022	A.Perego Giu. 2023
B	Emissione esecutiva	A.Vanni	Giu.2023	M. Severi	Giu.2023	G. Fadda	Giu. 2023	

File: IV0100D26CLIA300001B.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
2.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	6
3.1.1	<i>Documenti di progetto</i>	6
3.1.2	<i>Normativa e istruzioni</i>	7
4	SOFTWARE DI CALCOLO	7
5	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	7
5.1	AZIONE SISMICA	7
5.1.1	<i>Periodo di riferimento</i>	7
5.1.2	<i>Caratterizzazione sismica del terreno</i>	7
6	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	8
6.1	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA	8
7	METODOLOGIA DI CALCOLO	8
7.1	DEFINIZIONE	8
7.2	INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI STABILITÀ	8
7.2.1	<i>Metodo equilibrio limite (LEM)</i>	9
7.2.2	<i>Metodo dei conci</i>	9
7.2.3	<i>Metodo di FELLENIUS (1927)</i>	10
7.2.4	<i>Metodo di BISHOP (1955)</i>	10
7.2.5	<i>Metodo di JANBU (1967)</i>	11
7.2.6	<i>Metodo di BELL (1968)</i>	11
7.3	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	13
7.3.1	<i>Calcolo coefficienti sismici</i>	13
7.3.2	<i>Ricerca della superficie di scorrimento critica</i>	14
7.4	DESCRIZIONE DEL SITO	15
7.5	VERIFICHE SEZIONI	19
7.5.1	<i>Verifica sezione n.5 - Fosso 1</i>	19
7.5.2	<i>sezione n.2 - Fosso 1</i>	22
7.5.3	<i>sezione n.3 - Fosso 2</i>	27
7.5.4	<i>sezione n.6 - Fosso 1</i>	31
7.5.5	<i>sezione longitudinale Fosso 1</i>	34
7.5.6	<i>sezione longitudinale Fosso 2</i>	37
8	CONCLUSIONI	41

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda gli aspetti geotecnici relativi alla realizzazione della sistemazione tramite terrazzamenti del terreno di smarino in prossimità del raddoppio della linea ferroviaria della linea Genova - Ventimiglia nella tratta **Finale Ligure – Andora**.

Le lavorazioni ricadono all'interno del Comune di Villanova di Albenga (**provincia di Savona**) in una zona collinare in prossimità della autostrada dei Fiori in vicinanza dell'Aeroporto di Villanova di Albenga.

Gli interventi sono caratterizzati da un'elevata necessità di movimenti di terre perlopiù provenienti dal riutilizzo dei terreni di riporto (smarino) proveniente dagli scavi in galleria.

L'utilizzo di terreni di smarino, di non elevate caratteristiche geotecniche, ha comportato delle analisi approfondite di stabilità globale dei rilevati, più dettagliatamente riportate in seguito.

La sistemazione del Sito di abbancamento di Villanova d'Albenga (WBS IAX3) e la strada di accesso (WBS NVX3) saranno oggetto di specifico procedimento autorizzatorio in capo al Comune di Villanova di Albenga, come da accordi tra il medesimo Comune, RFI e la Regione Liguria.

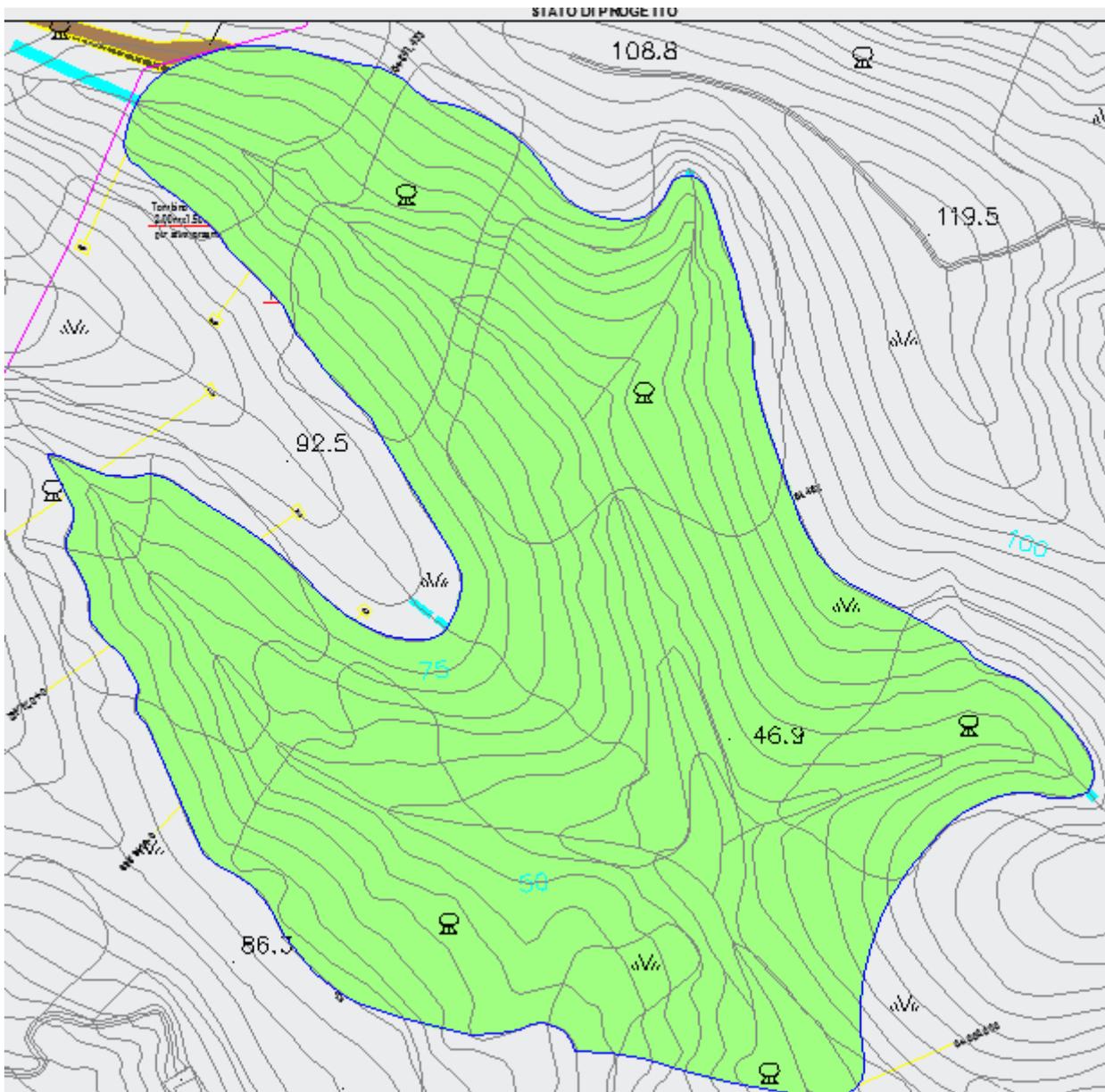
2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella relazione seguente sono illustrate le assunzioni di progetto prese a base di calcolo, la normativa di riferimento, i materiali utilizzati, la caratterizzazione geotecnica prevista, i carichi di progetto e le relative condizioni e combinazioni, lo schema adottato e le verifiche effettuate.

Il calcolo e la verifica del sito in oggetto vengono effettuate ai sensi del D.M. 17/01/2018.

2.1 Descrizione dell'opera

Si realizza una riambientalizzazione di un sito attraverso un riempimento con terreno di scavo proveniente dalla realizzazione di gallerie per la tratta ferroviaria Finale Ligure – Andora.



Nella prima fase di preparazione dell'area si costituisce una viabilità di cantiere per permettere l'accesso ai mezzi pesanti incaricati di trasferire il materiale da stoccare.

Tale viabilità dovrà permettere l'utilizzo della strada a macchine di cantiere e sarà ridotta al minimo necessario con tratti a senso unico alternato e piazzole o allargamenti a vista, per poter permettere l'incrocio degli stessi.

Successivamente si procederà al taglio degli arbusti e dei cespugli con rimozione ed asportazione dello strato superficiale di terra vegetale di circa uno spessore variabile di 50/100 cm.

Verrà sistemato il piano di posa a gradoni in leggera contropendenza (larghezza delle banche del piano di posa variabile da 5 metri a 15 metri in funzione della morfologia del versante).

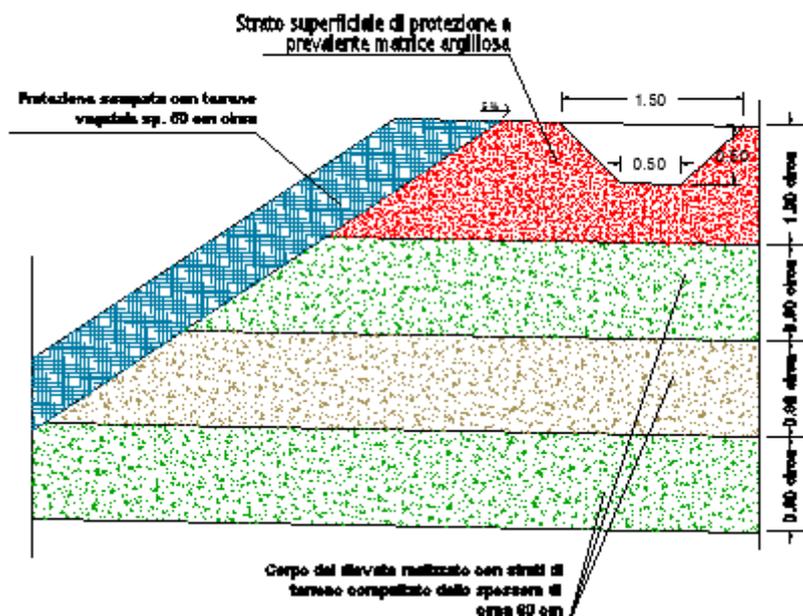
L'area sarà trattata con il criterio di sversare terreno per strati successivi di spessore costante non superiore ad 80 cm, con relativa compattazione mediante l'utilizzo di rulli vibranti e mezzi di compattazione leggeri.

La sistemazione del materiale sarà realizzata in generale con gradoni di altezza variabile da 5 a 8 metri e larghezza delle banche variabile da 5 a 10 metri e pendenza 2/3.

Dopo aver abbancato tutto il materiale si procede alla messa in opera di uno strato superficiale di protezione a prevalente matrice argillosa, con la stesa del terreno di scotico sulle scarpate, preservando a livello di regimentazione delle acque, l'idraulica del sito precedente alla rimodellazione.

Qui di seguito si evidenziano i diversi strati con i quali viene costituito il rilevato

Particolare "A": STRATI RILEVATO



3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti Referenziati

I documenti usati come input per il presente documento sono i seguenti:

3.1.1 Documenti di progetto

– Relazioni ed indagini geologiche;

IAX3	planimetria di progetto	IV0I00D26P7IAX300002
IAX3	sezioni tipo interventi	IV0I00D26WZIAX300001
IAX3	sezioni trasversali di progetto tav.1/2	IV0I00D26W8IAX300001
IAX3	sezioni trasversali di progetto tav.2/2	IV0I00D26W8IAX300002
IAX3	sezioni longitudinali di progetto	IV0I00D26Z8IAX300001
IAX3	fasi realizzative	IV0I00D26B8IAX300001

Normativa e istruzioni

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- D.M. 11.03.1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

4 SOFTWARE DI CALCOLO

La progettazione dei rilevati oggetto della presente relazione è stata eseguita avvalendosi dell'ausilio di fogli di calcolo excel e del seguente programma di calcolo:

Slope della GeoStru con versione 2011.8.0.637

5 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

I carichi e i sovraccarichi agenti sul rilevato sono stati valutati tenendo conto di quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17 Gennaio 2018).

Nelle zone in cui sono presenti situazioni di viabilità o di aree di sosta o di manovra è stato considerato un carico accidentale pari a 20 kN/m^2 , distribuito su un'impronta relativa ai dati di progetto.

Per le verifiche di stabilità dei rilevati in condizioni sismiche i carichi accidentali non sono stati applicati.

5.1 Azione Sismica

Le considerazioni sull'azione sismica sono contenute nella relazione riguardante l'impalcato.

Nel seguito sono riportate in sintesi le indicazioni e gli assunti principali relativi all'azione sismica.

5.1.1 Periodo di riferimento

Le strutture di progetto, definite in Classe II e vita nominale $V_N = 50$, hanno a $V_R = 50$.

5.1.2 Caratterizzazione sismica del terreno

5.1.2.1 Categorie di Sottosuolo

I terreni di progetto sono caratterizzati di **Categoria B**.

5.1.2.2 Condizioni topografiche

L'area interessata risulta classificabile come **T3**.

6 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

6.1 Caratterizzazione geologica-geotecnica

Si riporta il quadro di sintesi del modello geotecnico relativo all'opera in oggetto.

Profondità (m)	Litotipo	Parametri Geotecnici
0.00 ÷ 1.00	<u>Rilevato</u>	$\gamma = 19 \text{ kN/mc}$ $\varphi' = 30^\circ$
1.00 ÷ in prof.	<u>Substrato</u>	$\gamma = 22 \text{ kN/mc}$ $\varphi' = 38^\circ$

7 METODOLOGIA DI CALCOLO

7.1 Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

7.2 Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

7.2.1 Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius*, *Bishop*, *Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

7.2.2 Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;

$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_j sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

7.2.3 Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_j ;

n valori delle forze da taglio T_j ;

1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;

n equazioni relative al criterio di rottura;

1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

7.2.4 Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_v = 0, \sum M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

7.2.5 Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \left\{ c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \right\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

7.2.6 Metodo di BELL (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell'i-esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell'i-esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell'i-esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell'i-esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F, sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 .

Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza F. Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left(\frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri F e C_3 .

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

7.3 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

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.

7.3.1 Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2018** 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:

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

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.

7.3.2 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.

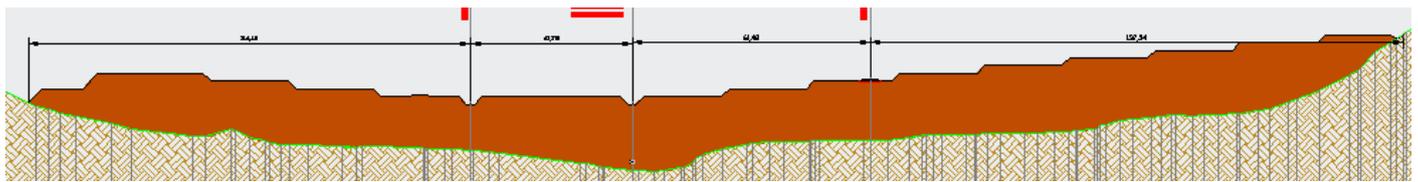
7.4 Descrizione del sito

Per il sito in oggetto sono state fatte delle sezioni trasversali ed una longitudinale. Di seguito si riporta una pianta chiave dove poter identificare le sezioni che poi saranno verificate:

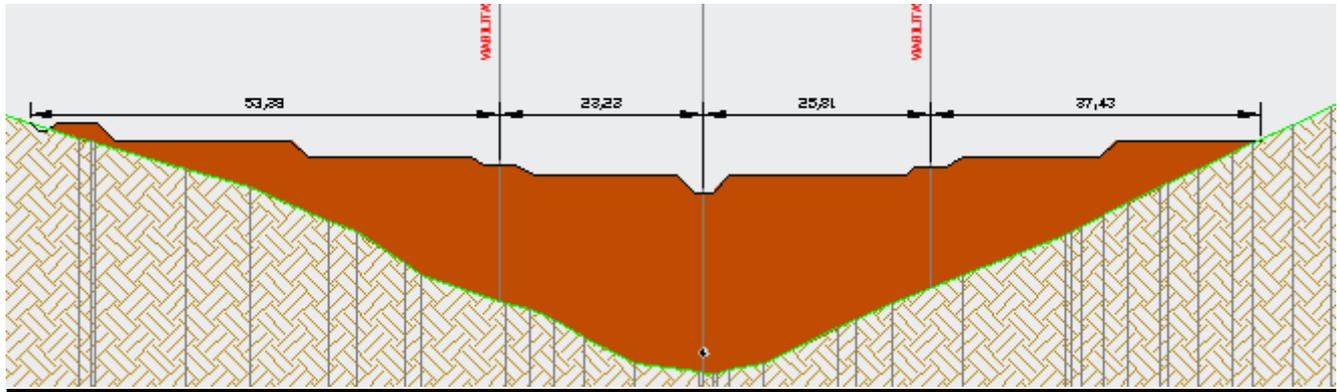


e tutte le sezioni sviluppate:

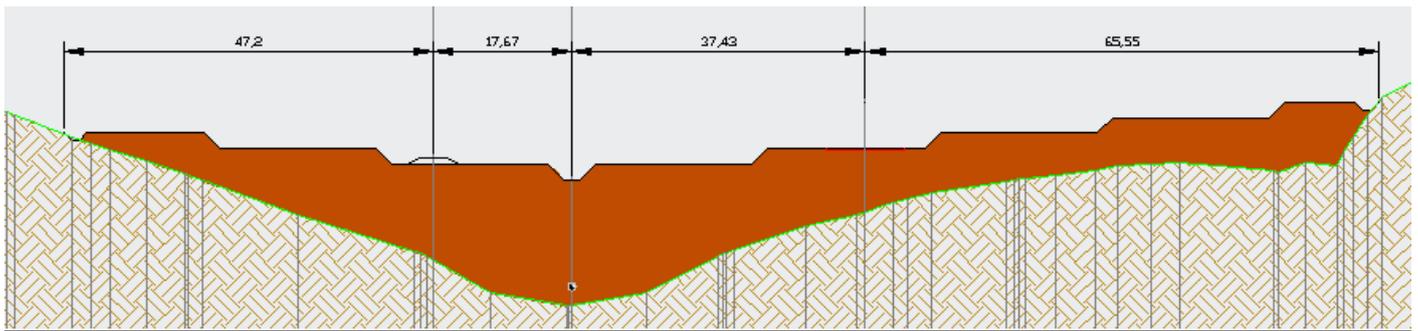
sezione n.2 - Fosso 1



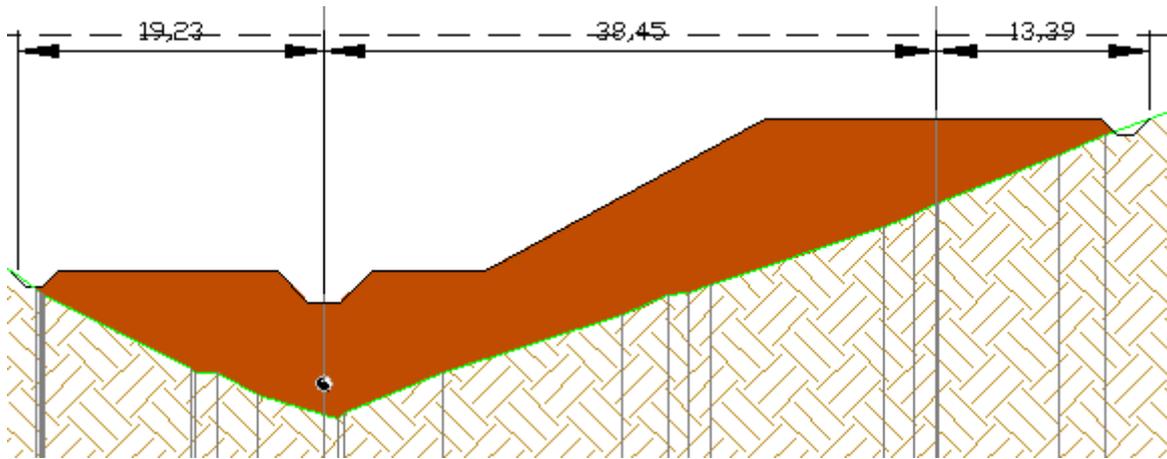
sezione n.3 - Fosso 1



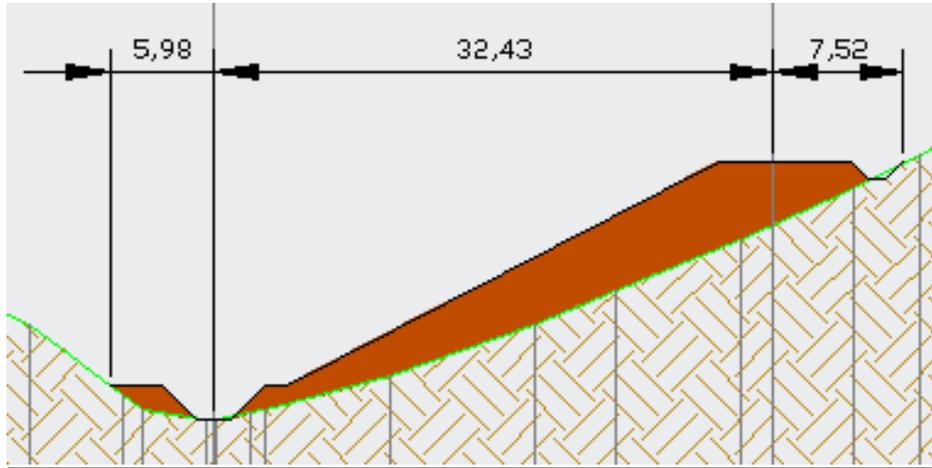
sezione n.4 - Fosso 1



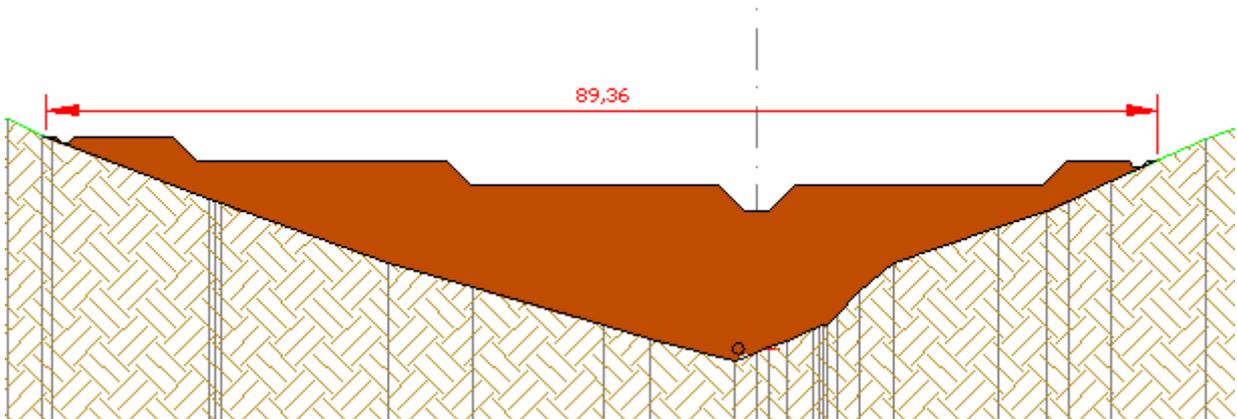
sezione n.5 - Fosso 1



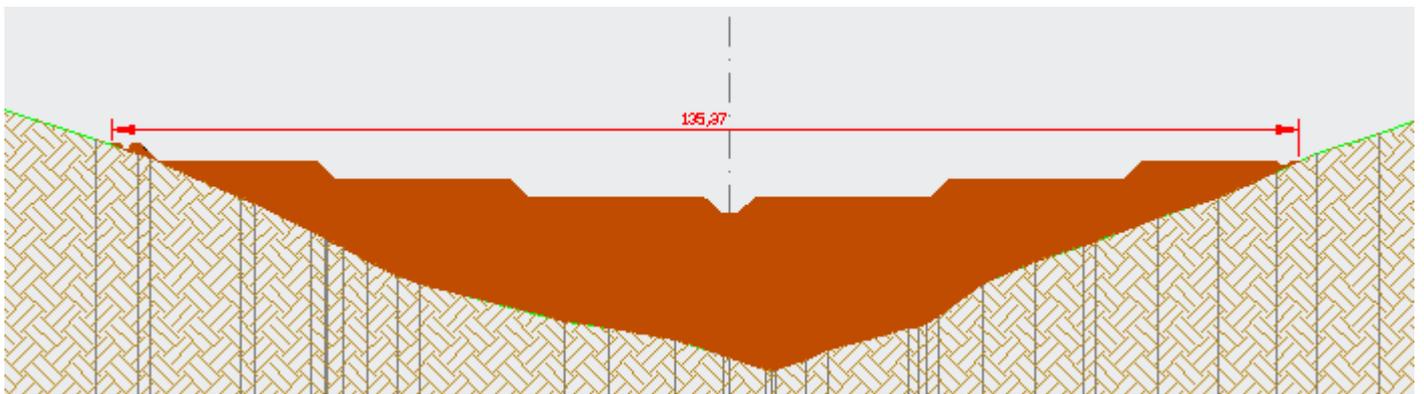
sezione n.6 - Fosso 1



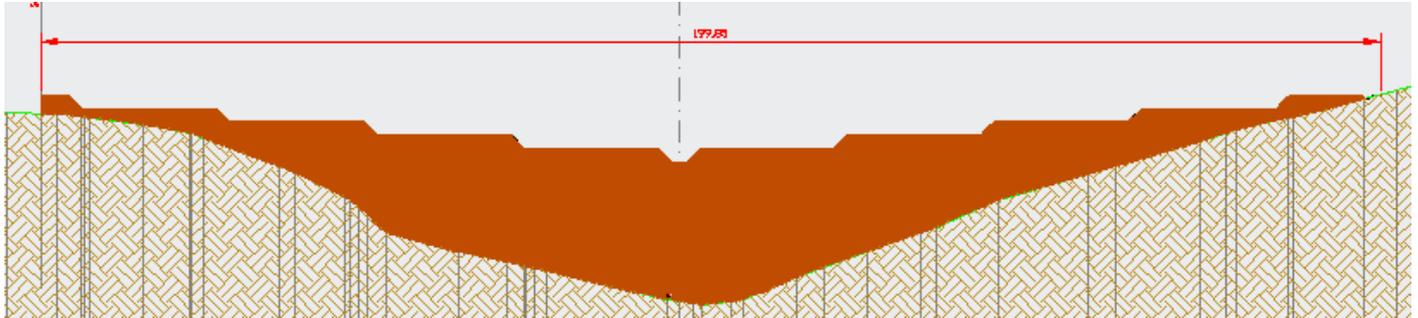
sezione n.2 - Fosso 2



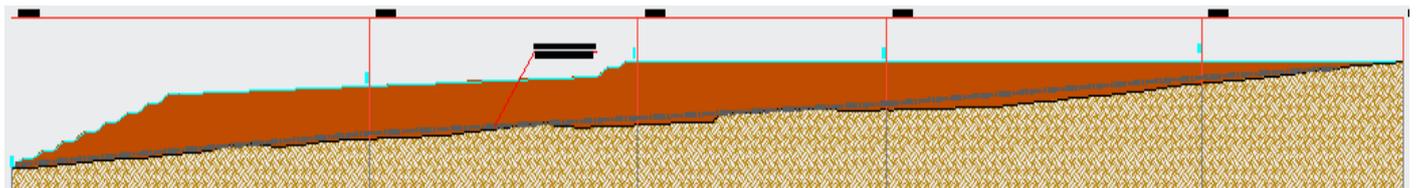
sezione n.3 - Fosso 2



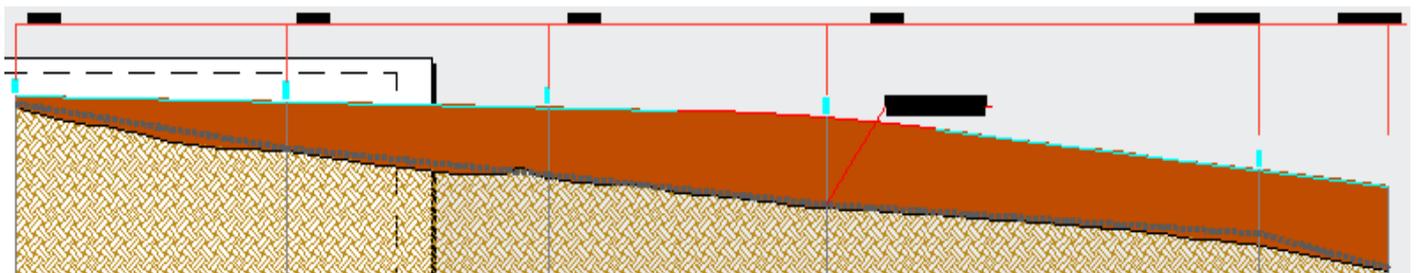
sezione n.4 - Fosso 2



sezione longitudinale Fosso 1



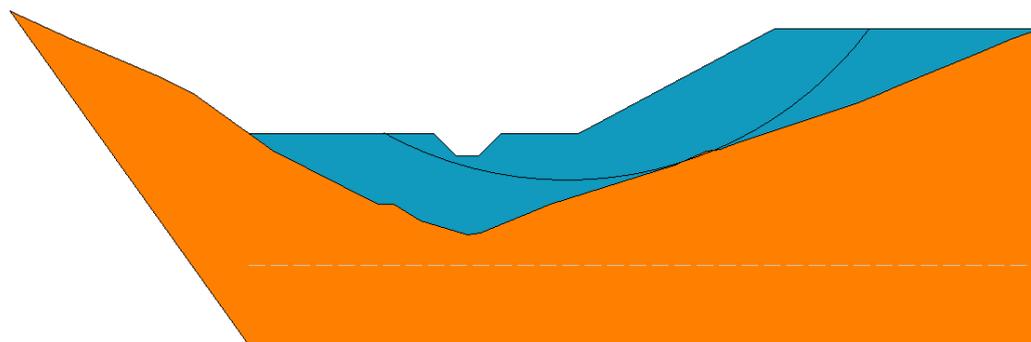
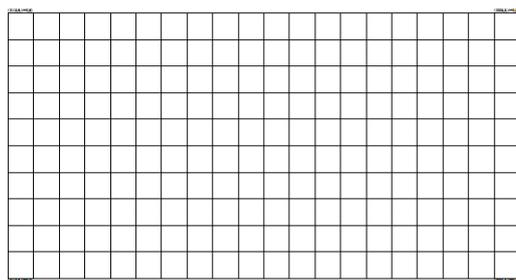
sezione longitudinale Fosso 2



7.5 Verifiche sezioni

Si riportano le verifiche di stabilità delle sezioni critiche trasversali e longitudinali.

7.5.1 Verifica sezione n.5 - Fosso 1



Strumenti

Proprietà / Coordinate

Maglia centri / Opere di intervento / Carichi

Vincoli / Opzioni di analisi / Sintesi calcolo

Sintesi calcolo

Superfici calcolate: 318

Valore minimo di Fs: 1,12

Valore max di Fs: 18,18

Ricalcola

Xc	Yc	Rc	Fs
2171,	1423,	67,94	1,11763

Ricalcola

Intervalli di visualizzazione

Superficie a fattore minimo

Superfici calcolate

Superfici da visualizzare

1,12 - 4,13 4,13 - 7,14

7,14 - 10,15 10,15 - 13,16

13,16 - 16,17 16,17 - 19,18

Visualizza

Maglia centri Mappa fattori

Iso linee

Mappa colori

Scelta automatica colori intervalli di visualizzazione

Scelta colori intervalli

Analisi di stabilità dei pendii con BELL

Lat./Long.	44,0514043994118/8,12501559968536
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2113,93 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1392,25 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2206,29 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1440,46 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II

Sistemazione aree sito
Relazione di calcolo rilevati

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	IAX300 001	B	20/10

Vita nominale: 50,0 [anni]
Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,26	2,48	0,19
S.L.D.	50,0	0,36	2,59	0,21
S.L.V.	475,0	1,38	2,43	0,29
S.L.C.	975,0	1,87	2,47	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,3744	0,2	0,0076	0,0038
S.L.D.	0,5184	0,2	0,0106	0,0053
S.L.V.	1,9872	0,24	0,0486	0,0243
S.L.C.	2,6928	0,24	0,0659	0,033

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0486
Coefficiente azione sismica verticale 0,0243

Vertici profilo

N	X m	y m
1	2114,23	1364,12
2	2147,7	1364,12
3	2151,7	1360,12
4	2153,7	1360,12
5	2155,7	1360,12
6	2159,7	1364,12
7	2173,84	1364,12
8	2209,19	1383,2
9	2230,6	1383,2
10	2257,19	1383,2

Vertici strato1

N	X m	y m
1	2071,12	1386,31
2	2082,08	1381,23
3	2098,67	1374,25
4	2104,48	1371,23
5	2118,51	1361,0
6	2137,54	1351,23
7	2140,32	1351,23
8	2145,24	1348,25
9	2153,7	1345,73
10	2156,14	1346,02
11	2168,65	1351,23

12	2191,08	1358,43
13	2196,87	1360,9
14	2199,37	1361,23
15	2202,34	1362,34
16	2224,15	1369,63
17	2227,88	1371,23
18	2230,89	1372,58
19	2246,06	1378,75
20	2251,92	1381,23
21	2257,19	1383,2
22	2257,19	1383,2

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (kN/m ³)	Gs (kN/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		30	19	19	0,00	Rilevato
2			38	22	22	0,00	Substrato

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

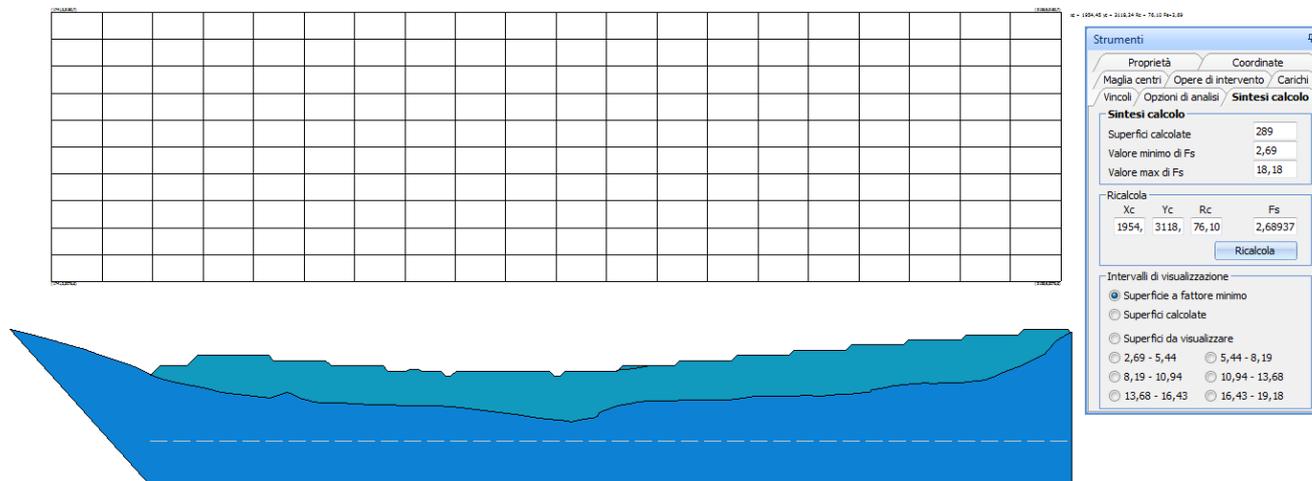
Fs minimo individuato	1,12
Ascissa centro superficie	2171,66 m
Ordinata centro superficie	1423,58 m
Raggio superficie	67,94 m

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 conci. Superficie...xc = 2171,656 yc = 1423,584 Rc = 67,945 Fs=1,1176

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	12,9	-23,0	14,02	768,3	37,34	18,67	0,0	24,8	0,0	-5905,3	-2218,6
2	8,0	-13,6	8,23	391,75	19,04	9,52	0,0	24,8	0,0	-1324,6	-497,6
3	5,35	-7,8	5,4	796,26	38,7	19,35	0,0	24,8	0,0	-950,4	-357,1
4	8,75	-1,9	8,75	1402,57	68,16	34,08	0,0	24,8	0,0	-832,0	-312,6
5	8,75	5,5	8,79	1744,84	84,8	42,4	0,0	24,8	0,0	1509,2	567,0
6	8,75	13,0	8,98	2293,79	111,48	55,74	0,0	24,8	0,0	5425,4	2038,3
7	8,75	20,7	9,36	2647,99	128,69	64,35	0,0	32,0	0,0	10507,6	5342,1
8	9,14	29,1	10,46	2876,98	139,82	69,91	0,0	24,8	0,0	17696,5	6648,5
9	8,36	38,0	10,61	2105,3	102,32	51,16	0,0	24,8	0,0	16676,3	6265,2
10	8,75	48,0	13,08	886,56	43,09	21,54	0,0	24,8	0,0	10479,1	3937,0

7.5.2 sezione n.2 - Fosso 1



Analisi di stabilità dei pendii con BELL

Lat./Long.	44,0514043994118/8,12501559968536
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1741,24 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	3076,6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2128,9 m
Ordinata vertice destro superiore ys	3180,71 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,26	2,48	0,19

Sistemazione aree sito
Relazione di calcolo rilevati

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	IAX300 001	B	23/10

S.L.D.	50,0	0,36	2,59	0,21
S.L.V.	475,0	1,38	2,43	0,29
S.L.C.	975,0	1,87	2,47	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,3744	0,2	0,0076	0,0038
S.L.D.	0,5184	0,2	0,0106	0,0053
S.L.V.	1,9872	0,24	0,0486	0,0243
S.L.C.	2,6928	0,24	0,0659	0,033

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0486

Coefficiente azione sismica verticale 0,0243

Vertici profilo

N	X m	y m
1	1779,43	3040,53
2	1782,97	3044,07
3	1793,41	3044,07
4	1797,41	3048,07
5	1824,58	3048,07
6	1826,58	3046,07
7	1846,58	3046,07
8	1848,58	3044,07
9	1868,58	3044,07
10	1870,58	3042,07
11	1877,65	3042,07
12	1878,72	3042,65
13	1882,22	3042,65
14	1883,28	3042,07
15	1890,58	3042,07
16	1892,58	3040,07
17	1894,58	3040,07
18	1896,58	3042,07
19	1914,53	3042,07
20	1932,37	3042,07
21	1934,37	3040,07
22	1935,37	3040,07
23	1936,37	3040,07
24	1938,37	3042,07
25	1958,37	3042,07
26	1960,37	3044,07
27	1980,37	3044,07
28	1982,37	3046,07
29	2002,37	3046,07
30	2004,37	3048,07
31	2024,37	3048,07
32	2026,37	3050,07
33	2046,37	3050,07
34	2048,37	3052,07
35	2068,37	3052,07

**Sistemazione aree sito
Relazione di calcolo rilevati**

PROGETTO IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO IAX300 001	REV. B	FOGLIO 24/10
-------------------------	--------------------	---------------------	-------------------------	------------------	-----------------

36	2070,37	3054,07
37	2090,37	3054,07
38	2092,37	3056,07
39	2112,37	3056,07
40	2114,37	3058,07
41	2131,37	3058,07
42	2132,37	3057,07
43	2132,87	3057,07
44	2132,96	3057,07

Vertici strato1

N	X m	y m
1	1725,37	3058,28
2	1735,6	3055,55
3	1742,46	3053,71
4	1742,9	3053,6
5	1743,59	3053,4
6	1754,19	3050,35
7	1759,04	3048,71
8	1765,56	3046,38
9	1771,0	3044,49
10	1772,91	3043,71
11	1781,55	3039,5
12	1784,67	3038,71
13	1787,86	3037,8
14	1791,59	3037,06
15	1801,0	3035,13
16	1806,13	3033,71
17	1821,96	3032,01
18	1825,09	3031,7
19	1831,8	3033,64
20	1832,86	3033,46
21	1836,43	3031,41
22	1840,55	3030,58
23	1841,73	3030,17
24	1844,75	3029,74
25	1846,87	3029,71
26	1851,61	3029,64
27	1864,34	3029,1
28	1865,56	3029,12
29	1881,39	3028,76
30	1881,51	3028,76
31	1881,91	3028,71
32	1882,62	3028,71
33	1886,84	3028,52
34	1887,16	3028,51
35	1888,9	3028,51
36	1894,34	3028,26
37	1898,22	3027,73
38	1901,07	3027,61
39	1922,06	3024,81
40	1923,43	3024,72
41	1926,75	3024,11
42	1927,73	3023,79
43	1928,2	3023,71
44	1935,37	3023,07

45	1937,05	3022,92
46	1940,97	3022,5
47	1943,61	3022,88
48	1948,21	3023,71
49	1948,95	3023,71
50	1950,83	3024,72
51	1951,81	3025,91
52	1953,43	3026,91
53	1958,58	3028,71
54	1964,9	3029,78
55	1966,52	3029,99
56	1970,82	3030,44
57	1974,63	3030,56
58	1981,2	3030,56
59	1981,59	3030,6
60	1982,42	3030,64
61	1983,84	3030,69
62	1994,93	3030,78
63	2001,22	3030,89
64	2006,91	3031,49
65	2011,4	3032,14
66	2013,23	3032,2
67	2015,38	3032,26
68	2021,6	3032,27
69	2023,73	3032,34
70	2024,19	3032,36
71	2026,94	3032,44
72	2030,51	3032,55
73	2036,66	3032,42
74	2040,03	3032,6
75	2044,51	3032,85
76	2048,22	3033,06
77	2049,86	3033,26
78	2050,38	3033,28
79	2054,56	3033,71
80	2055,33	3033,79
81	2056,24	3034,72
82	2057,45	3034,9
83	2061,47	3035,76
84	2064,59	3036,4
85	2069,26	3036,57
86	2072,14	3036,99
87	2074,71	3037,23
88	2075,66	3037,29
89	2080,19	3037,17
90	2082,97	3037,33
91	2086,61	3037,47
92	2091,65	3037,61
93	2092,17	3037,69
94	2092,31	3037,7
95	2096,98	3038,33
96	2099,74	3038,71
97	2104,55	3040,52
98	2106,83	3041,43
99	2112,75	3043,71
100	2120,46	3047,56
101	2122,76	3048,71

102	2123,48	3049,51
103	2127,21	3053,71
104	2131,26	3056,3
105	2132,79	3056,95
106	2132,96	3057,07

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (kN/m ³)	Gs (kN/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		30	19	19	0,00	
2			38	22	22	0,00	

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

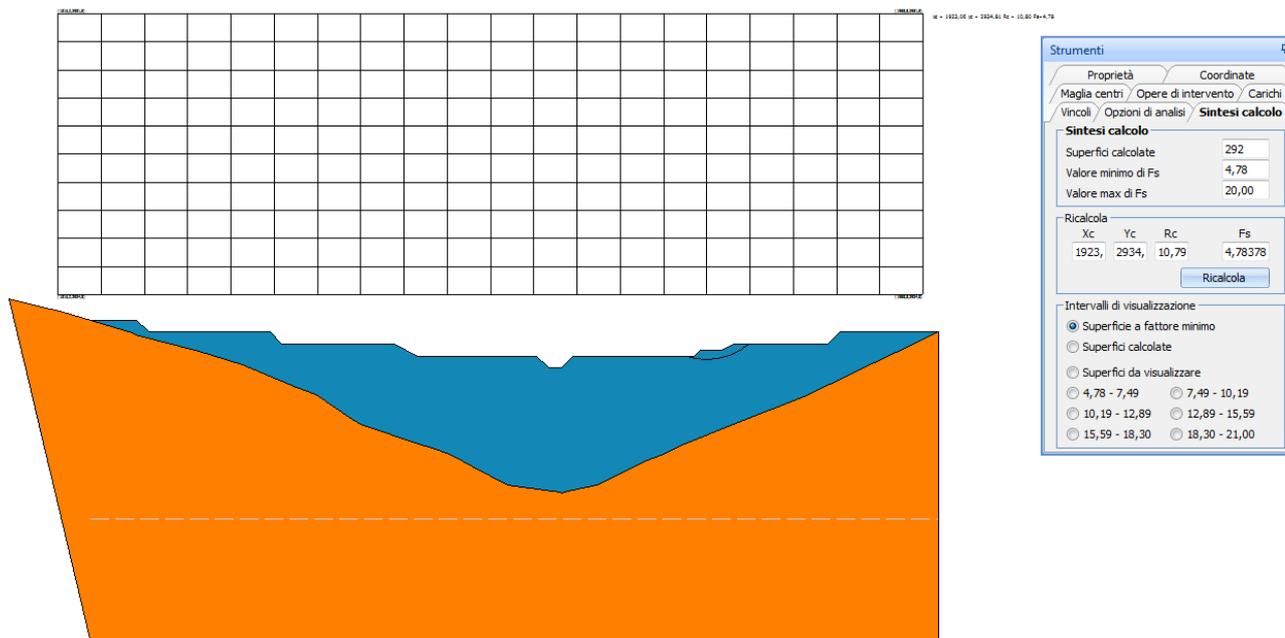
Fs minimo individuato	2,69
Ascissa centro superficie	1954,45 m
Ordinata centro superficie	3118,24 m
Raggio superficie	76,1 m

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 = 1954,453 yc = 3118,242 Rc = 76,10 Fs=2,6894

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,82	3,8	1,82	29,68	1,44	0,72	0,0	24,8	0,0	89,1	13,9
2	0,76	4,5	0,76	24,15	1,17	0,59	0,0	24,8	0,0	33,2	5,2
3	1,29	5,6	1,3	38,71	1,88	0,94	0,0	24,8	0,0	49,7	7,8
4	1,29	6,4	1,3	35,35	1,72	0,86	0,0	24,8	0,0	42,7	6,7
5	1,29	7,6	1,3	31,5	1,53	0,77	0,0	24,8	0,0	35,7	5,6
6	1,29	8,5	1,3	27,06	1,32	0,66	0,0	24,8	0,0	28,9	4,5
7	1,29	9,4	1,31	22,05	1,07	0,54	0,0	24,8	0,0	22,2	3,5
8	1,29	10,6	1,31	16,57	0,81	0,4	0,0	24,8	0,0	15,6	2,4
9	1,29	11,5	1,32	10,5	0,51	0,26	0,0	24,8	0,0	9,2	1,4
10	1,29	12,6	1,32	3,79	0,18	0,09	0,0	24,8	0,0	3,0	0,5

7.5.3 sezione n.3 - Fosso 2



Analisi di stabilità dei pendii con BELL

Lat./Long.	44,0514043994118/8,12501559968536
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1815,98 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2934,81 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1958,75 m
Ordinata vertice destro superiore ys	2981,49 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
-----------------------	---

Sistemazione aree sito
Relazione di calcolo rilevati

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	IAX300 001	B	28/10

Categoria topografica:

T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,26	2,48	0,19
S.L.D.	50,0	0,36	2,59	0,21
S.L.V.	475,0	1,38	2,43	0,29
S.L.C.	975,0	1,87	2,47	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,3744	0,2	0,0076	0,0038
S.L.D.	0,5184	0,2	0,0106	0,0053
S.L.V.	1,9872	0,24	0,0486	0,0243
S.L.C.	2,6928	0,24	0,0659	0,033

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0486

Coefficiente azione sismica verticale 0,0243

Vertici profilo

N	X m	y m
1	1821,39	2930,61
2	1829,0	2930,61
3	1831,0	2928,61
4	1851,0	2928,61
5	1853,0	2926,61
6	1871,61	2926,61
7	1875,32	2924,61
8	1895,0	2924,61
9	1897,0	2922,61
10	1898,0	2922,61
11	1899,0	2922,61
12	1901,0	2924,61
13	1921,0	2924,61
14	1921,95	2925,57
15	1923,81	2925,57
16	1925,56	2925,57
17	1927,49	2926,61
18	1943,0	2926,61
19	1945,0	2928,61
20	1961,24	2928,61

Vertici strato1

N	X m	y m
1	1808,0	2934,14
2	1808,0	2934,14
3	1813,95	2932,55
4	1816,41	2932,16
5	1827,06	2928,85
6	1828,35	2928,43

7	1828,81	2928,21
8	1839,23	2925,35
9	1846,34	2923,21
10	1855,28	2919,37
11	1858,59	2918,21
12	1863,96	2914,5
13	1865,97	2913,21
14	1875,55	2909,94
15	1878,3	2909,2
16	1880,89	2908,21
17	1884,32	2906,2
18	1890,21	2903,21
19	1897,52	2902,15
20	1898,0	2902,07
21	1899,17	2901,88
22	1899,44	2901,96
23	1901,0	2902,39
24	1904,9	2903,21
25	1913,28	2907,21
26	1915,41	2908,21
27	1919,4	2909,97
28	1927,54	2913,21
29	1939,1	2917,83
30	1939,9	2918,21
31	1940,88	2918,69
32	1940,89	2918,7
33	1943,39	2919,96
34	1946,24	2921,36
35	1949,93	2923,21
36	1950,79	2923,6
37	1954,26	2925,31
38	1958,17	2927,16
39	1960,35	2928,21
40	1961,24	2928,61
41	1961,24	2928,61

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (kN/m ³)	Gs (kN/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0		30	19	19	0,00		
2			38	22	22	0,00		

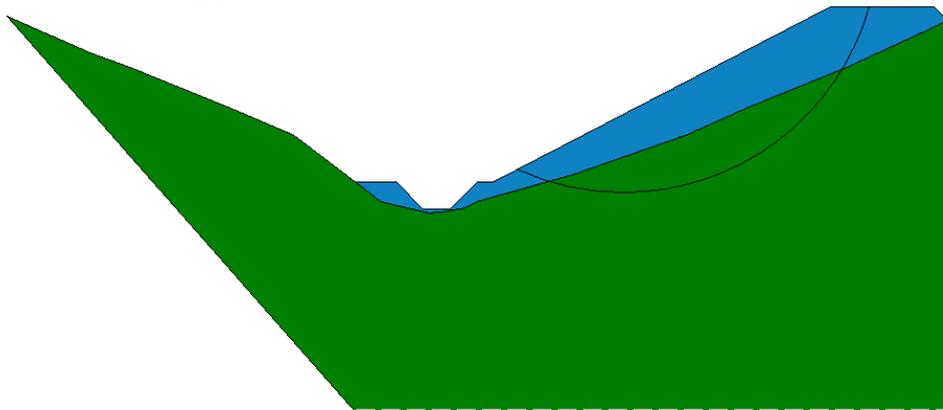
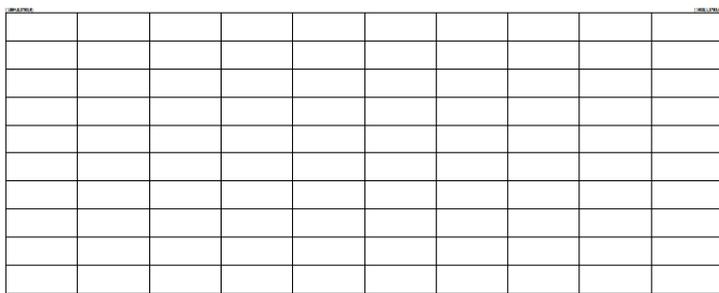
Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	4,78
Ascissa centro superficie	1923,06 m
Ordinata centro superficie	2934,81 m
Raggio superficie	10,8 m

=====
Analisi dei conchi. Superficie...xc = 1923,059 yc = 2934,808 Rc = 10,795 Fs=4,7838

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,06	-17,8	1,11	3,76	0,18	0,09	0,0	24,8	0,0	34,1	3,0
2	1,34	-10,0	1,36	19,28	0,94	0,47	0,0	24,8	0,0	35,9	3,2
3	0,78	-3,4	0,78	22,76	1,11	0,55	0,0	24,8	0,0	18,5	1,6
4	1,06	0,0	1,06	31,06	1,51	0,75	0,0	24,8	0,0	22,4	2,0
5	1,06	7,5	1,07	29,66	1,44	0,72	0,0	24,8	0,0	20,0	1,8
6	1,06	12,6	1,09	26,35	1,28	0,64	0,0	24,8	0,0	17,3	1,5
7	1,58	18,9	1,67	46,24	2,25	1,12	0,0	24,8	0,0	23,2	2,0
8	0,54	25,4	0,6	15,66	0,76	0,38	0,0	24,8	0,0	5,3	0,5
9	1,06	31,3	1,24	21,74	1,06	0,53	0,0	24,8	0,0	9,2	0,8
10	1,06	37,2	1,33	7,65	0,37	0,19	0,0	24,8	0,0	3,5	0,3

7.5.4 sezione n.6 - Fosso 1



Strumenti	
Proprietà	Coordinate
Maglia centri	Opere di intervento
Vincoli	Opzioni di analisi
Sintesi calcolo	
Superfici calcolate	29
Valore minimo di Fs	2,22
Valore max di Fs	18,18
Ricalcola	
Xc	Yc
Rc	Fs
1886,	2736,
18,94	2,21607
Ricalcola	
Intervallo di visualizzazione	
<input checked="" type="radio"/> Superficie a fattore minimo	
<input type="radio"/> Superfici calcolate	
<input type="radio"/> Superfici da visualizzare	
<input type="radio"/> 2,22 - 5,04	<input type="radio"/> 5,04 - 7,87
<input type="radio"/> 7,87 - 10,70	<input type="radio"/> 10,70 - 13,53
<input type="radio"/> 13,53 - 16,35	<input type="radio"/> 16,35 - 19,18
Visualizza	

Analisi di stabilità dei pendii con BELL

Lat./Long.	44,0514043994118/8,12501559968536
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1854,83 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2731,89 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1908,11 m
Ordinata vertice destro superiore ys	2752,88 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:

B

Categoria topografica:

T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,26	2,48	0,19
S.L.D.	50,0	0,36	2,59	0,21
S.L.V.	475,0	1,38	2,43	0,29
S.L.C.	975,0	1,87	2,47	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,3744	0,2	0,0076	0,0038
S.L.D.	0,5184	0,2	0,0106	0,0053
S.L.V.	1,9872	0,24	0,0486	0,0243
S.L.C.	2,6928	0,24	0,0659	0,033

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0486

Coefficiente azione sismica verticale

0,0243

Vertici profilo

N	X m	y m
1	1866,96	2717,93
2	1869,94	2717,93
3	1871,94	2715,93
4	1872,94	2715,93
5	1873,94	2715,93
6	1875,94	2717,93
7	1877,15	2717,93
8	1902,16	2731,02
9	1905,37	2731,02
10	1909,89	2731,02
11	1910,89	2730,02
12	1910,93	2730,02

Vertici strato1

N	X m	y m
1	1841,01	2730,33
2	1847,17	2727,6
3	1850,16	2726,48
4	1857,39	2723,56
5	1862,32	2721,48
6	1867,65	2717,41
7	1868,82	2716,48
8	1872,46	2715,63
9	1872,94	2715,66
10	1873,21	2715,67
11	1874,99	2716,02
12	1875,88	2716,48

13	1883,1	2718,47
14	1891,52	2721,48
15	1896,17	2723,53
16	1903,41	2726,48
17	1909,95	2729,52
18	1910,93	2730,02
19	1910,93	2730,02

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (kN/m ³)	Gs (kN/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		30	19	19	0,00	
2			38	22	22	0,00	

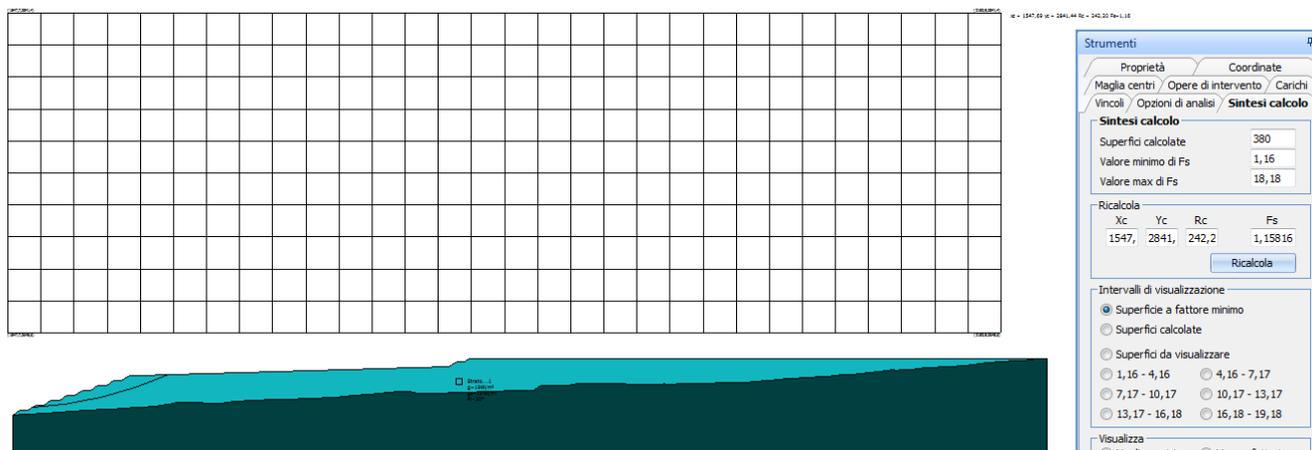
Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2,22
Ascissa centro superficie	1886,8 m
Ordinata centro superficie	2736,09 m
Raggio superficie	18,94 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 1886,797 yc = 2736,088 Rc = 18,94 Fs=2,2161

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	2,61	-20,5	2,79	61,17	2,97	1,49	0,0	24,8	0,0	285,5	54,1
2	2,61	-12,0	2,67	173,08	8,41	4,21	0,0	32,0	0,0	220,5	56,5
3	2,61	-3,8	2,62	269,08	13,08	6,54	0,0	32,0	0,0	210,4	54,0
4	2,61	3,5	2,62	343,74	16,71	8,35	0,0	32,0	0,0	233,3	59,8
5	2,61	12,0	2,67	398,83	19,38	9,69	0,0	32,0	0,0	295,0	75,6
6	2,61	20,4	2,79	431,58	20,97	10,49	0,0	32,0	0,0	376,2	96,4
7	2,61	28,6	2,97	441,13	21,44	10,72	0,0	32,0	0,0	462,0	118,5
8	2,61	38,3	3,33	417,38	20,28	10,14	0,0	32,0	0,0	562,6	144,3
9	2,34	48,9	3,56	318,64	15,49	7,74	0,0	32,0	0,0	525,1	134,6
10	2,88	64,3	6,65	200,56	9,75	4,87	0,0	24,8	0,0	690,4	130,8

7.5.5 sezione longitudinale Fosso 1



Analisi di stabilità dei pendii con BELL

Lat./Long.	44,0514043994118/8,12501559968536
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1547,69 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2645,58 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2152,89 m
Ordinata vertice destro superiore ys	2841,44 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	30,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,26	2,48	0,19

	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(°)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(Kg/cm ³)		
1	0		30	19	19	0,00		
2			38	22	22	0,00		

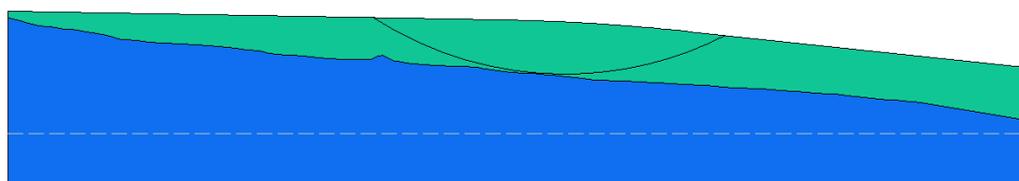
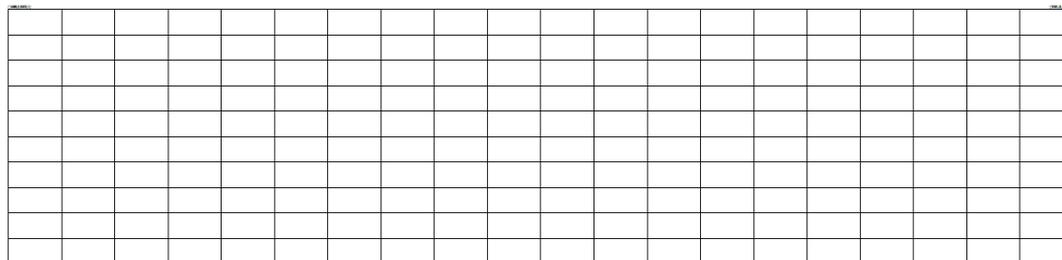
Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,16
Ascissa centro superficie	1547,69 m
Ordinata centro superficie	2841,44 m
Raggio superficie	242,2 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 1547,688 yc = 2841,436 Rc = 242,20 Fs=1,1582

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	2,42	3,7	2,42	33,4	1,62	0,81	0,0	24,8	0,0	-196,9	-71,4
2	9,5	5,1	9,54	193,63	9,41	4,71	0,0	24,8	0,0	-502,1	-182,0
3	9,5	7,4	9,58	546,79	26,57	13,29	0,0	24,8	0,0	343,0	124,3
4	9,5	9,7	9,64	831,11	40,39	20,2	0,0	24,8	0,0	1429,9	518,4
5	9,5	12,0	9,71	1045,15	50,79	25,4	0,0	24,8	0,0	2642,7	958,1
6	9,5	14,3	9,8	1187,31	57,7	28,85	0,0	24,8	0,0	3871,4	1403,6
7	9,5	16,6	9,91	1255,79	61,03	30,52	0,0	24,8	0,0	4983,2	1806,7
8	7,21	18,7	7,61	1000,35	48,62	24,31	0,0	24,8	0,0	3457,5	1253,5
9	8,33	20,6	8,9	747,07	36,31	18,15	0,0	24,8	0,0	3360,2	1218,2
10	8,33	22,7	9,03	263,21	12,79	6,4	0,0	24,8	0,0	1324,9	480,3

7.5.6 sezione longitudinale Fosso 2



Strumenti

Proprietà Coordinate

Maglia centri / Opere di intervento / Carichi

Vincoli / Opzioni di analisi / Sintesi calcolo

Sintesi calcolo

Superfici calcolate 197

Valore minimo di Fs 3,42

Valore max di Fs 18,18

Ricalcola	Xc	Yc	Rc	Fs
	1883	2600	131,2	3,42390

Ricalcola

Intervalli di visualizzazione

Superficie a fattore minimo

Superfici calcolate

Superfici da visualizzare

3,42 - 6,05 6,05 - 8,68

8,68 - 11,30 11,30 - 13,93

13,93 - 16,56 16,56 - 19,18

Analisi di stabilità dei pendii con BELL

Lat./Long.	44,0514043994118/8,12501559968536
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1685,03 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2505,13 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2081,26 m
Ordinata vertice destro superiore ys	2600,08 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
----------------------	-------------------------------	---------------------------	-----------	--------------

Sistemazione aree sito
Relazione di calcolo rilevati

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	IAX300 001	B	38/10

S.L.O.	30,0	0,26	2,48	0,19
S.L.D.	50,0	0,36	2,59	0,21
S.L.V.	475,0	1,38	2,43	0,29
S.L.C.	975,0	1,87	2,47	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,3744	0,2	0,0076	0,0038
S.L.D.	0,5184	0,2	0,0106	0,0053
S.L.V.	1,9872	0,24	0,0486	0,0243
S.L.C.	2,6928	0,24	0,0659	0,033

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0486
Coefficiente azione sismica verticale 0,0243

Vertici profilo

N	X m	y m
1	1676,12	2492,12
2	1858,15	2489,05
3	1859,04	2489,03
4	1859,92	2489,01
5	1860,81	2489,0
6	1861,7	2488,98
7	1862,59	2488,96
8	1863,48	2488,94
9	1864,37	2488,92
10	1865,25	2488,89
11	1866,14	2488,87
12	1867,03	2488,85
13	1867,92	2488,82
14	1868,81	2488,79
15	1869,7	2488,77
16	1870,58	2488,74
17	1871,47	2488,71
18	1872,36	2488,68
19	1873,25	2488,65
20	1874,14	2488,62
21	1875,02	2488,58
22	1875,91	2488,55
23	1876,8	2488,51
24	1877,69	2488,48
25	1878,58	2488,44
26	1879,47	2488,4
27	1880,35	2488,36
28	1881,24	2488,32
29	1882,13	2488,28
30	1883,02	2488,24
31	1883,91	2488,19
32	1884,8	2488,15
33	1885,68	2488,1
34	1886,57	2488,06

35	1887,46	2488,01
36	1888,35	2487,96
37	1889,24	2487,91
38	1890,12	2487,86
39	1891,01	2487,81
40	1891,9	2487,76
41	1892,79	2487,71
42	1893,68	2487,65
43	1894,57	2487,6
44	1895,45	2487,54
45	1896,34	2487,48
46	1897,23	2487,43
47	1898,12	2487,37
48	1899,01	2487,31
49	1899,9	2487,25
50	1900,78	2487,18
51	1901,67	2487,12
52	1902,56	2487,06
53	1903,45	2486,99
54	1904,34	2486,93
55	1905,22	2486,86
56	1906,11	2486,79
57	1907,0	2486,72
58	1907,89	2486,65
59	1908,78	2486,58
60	1909,67	2486,51
61	1910,55	2486,44
62	1911,44	2486,36
63	1912,33	2486,29
64	1913,22	2486,21
65	1914,11	2486,13
66	1915,0	2486,06
67	1915,88	2485,98
68	1916,77	2485,9
69	1917,66	2485,82
70	1918,55	2485,73
71	1919,44	2485,65
72	1920,32	2485,57
73	1921,21	2485,48
74	1922,1	2485,4
75	1922,99	2485,31
76	1923,88	2485,22
77	1924,77	2485,13
78	1925,65	2485,04
79	1926,54	2484,95
80	1927,43	2484,86
81	1928,32	2484,77
82	1929,21	2484,67
83	2053,79	2471,45

Vertici strato1

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno

Si

Stratigrafia

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

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (kN/m ³)	Gs (kN/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0		30	19	19	0,00	Rilevato	
2			38	22	22	0,00	Substrato	

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 3,42
 Ascissa centro superficie 1883,14 m
 Ordinata centro superficie 2600,08 m
 Raggio superficie 131,25 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 1883,141 yc = 2600,081 Rc = 131,255 Fs=3,4239

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	13,1	-29,6	15,06	958,82	46,6	23,3	0,0	24,8	0,0	-10303,6	-1263,6
2	13,1	-23,2	14,25	2516,82	122,32	61,16	0,0	24,8	0,0	-18617,5	-2283,2
3	13,1	-17,1	13,7	3653,62	177,57	88,78	0,0	24,8	0,0	-19124,7	-2345,4
4	6,93	-12,5	7,1	2259,32	109,8	54,9	0,0	24,8	0,0	-4782,7	-586,5
5	0,89	-10,8	0,9	302,0	14,68	7,34	0,0	24,8	0,0	-126,8	-15,5
6	0,89	-10,5	0,9	304,56	14,8	7,4	0,0	24,8	0,0	-125,0	-15,3
7	0,89	-9,9	0,9	306,96	14,92	7,46	0,0	24,8	0,0	-121,0	-14,8
8	0,89	-9,6	0,9	309,28	15,03	7,52	0,0	24,8	0,0	-119,2	-14,6
9	0,89	-9,1	0,9	311,39	15,13	7,57	0,0	24,8	0,0	-115,8	-14,2
10	80,31	9,0	81,32	25550,64	1241,76	620,88	0,0	24,8	0,0	396700,648649,4	

8 CONCLUSIONI

Si riportano i risultati, in termini di coefficienti di sicurezza, ottenuti per le sezioni analizzate.

Sezione	FS statico
sezione n.5 - Fosso 1	1,12
sezione n.2 - Fosso 1	2,69
sezione n.3 - Fosso 2	4,78
sezione n.6 - Fosso 1	2,22
sezione longitudinale Fosso 1	1,16
sezione longitudinale Fosso 2	3,24

Da quanto sopra il rilevato analizzato risulta verificato.