



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

- PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato:

OPERE D'ARTE - OPERE DI SOSTEGNO

Gabbionata

OS101 Relazione descrittiva e di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP): F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PV	OS101	RC01	6	1

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
	PV_OS101RC01_61_4137	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS		Maggio 2021	Q. Napoleoni S. Fortino N. Behmann
0	PRIMA EMISSIONE		Dicembre 2019	Q. Napoleoni S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

Progettisti:

F.A.C.E. S.r.l. - Società di ingegneria
 via Flaminia 71 - 00196 Roma
 tel: 06 32609519
 e-mail: info@facesrl.com
 pec: pec.facesrl@pec.com

Direttore Tecnico: ing. Antonio Ambrosi

Consulenti:

E&G S.r.l.
 ENVIRONMENT & GEOTECHNIC
 STUDIO DI INGEGNERIA GEOTECNICA E AMBIENTALE

Direttore Tecnico: ing. Quintilio Napoleoni



Il Progettista Responsabile
Ing. Antonio Ambrosi



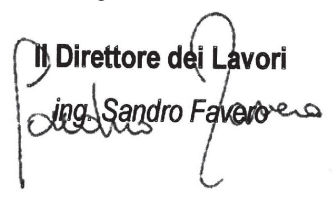
Il Geologo
Dott. Geol. Gualtiero Bellomo



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di Esecuzione:
Arch. Francesco Rondelli



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____ VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410C E 1101**

Dott. Ing. Luigi Mupo

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	MATERIALI	4
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	5
5.1	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	5
5.2	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	5
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	6
6.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	6
6.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	7
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	8
7.1	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	8
8	DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO	9
8.1	APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI	9
8.1.1	Determinazione del parametro CN.....	14
8.1.2	Calcolo del coefficiente di deflusso	19
8.1.3	Calcolo della portata di progetto.....	19
9	SOFTWARE UTILIZZATI	20
9.1	METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE GEOSLOPE.....	20
9.2	Metodologia di calcolo Software HEC-RAS	22
10	AZIONI DI CALCOLO	27
10.1	AZIONI VARIABILI	27
10.2	FALDA	27
11	RISULTATI DELLE ANALISI.....	28
11.1	RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA	28
11.3	VERIFICA A TRASCINAMENTO DEI GABBIONI DEL RILEVATO.....	32
11.4	VERIFICHE DI STABILITA' INTERVENTO	34
11.4.1	GENERALITA'	34
11.4.2	APPROCCIO NORMATIVO	34
11.4.3	RISULTATI DI CALCOLO	36
12	ALLEGATI FILE DI INPUT OUTPUT DEI MODELLI DI CALCOLO - GEOSLOPE	39

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce all’opera identificata con la WBS OS101, costituita da una gabbionata al piede del rilevato lato dx, ubicato tra le progressive km 12+489.7 e 12+681.65 della tratta Palermo Lercara-Fridi.

L’area oggetto di intervento è stata, in occasione degli eventi alluvionali del Novembre 2018, sede dell’erosione del fiume Frattina. La piena verificata ha causato l’erosione del piede del rilevato stradale esistente come mostrato in figura n.1

L’integrazione progettuale proposta nel presente Progetto di Variante consiste pertanto nell’inserimento di una gabbionata a protezione del rilevato stradale. Tale intervento, è previsto a corredo del prolungamento della sistemazione fluviale SF09 per i quali dettagli si rimanda agli specifici elaborati.

La nuova progettazione delle opere ha tenuto conto dell’altezza del battente idrico corrispondente all’erosione del corso d’acqua per un tempo di ritorno di 300 anni. A tal fine è stata condotta la modellazione idraulica del tratto in oggetto con l’ausilio del codice di calcolo HEC-RAS 5.0.2.

Si provvederà a commentare dal punto stratigrafico, fisico e meccanico i risultati delle prove di laboratorio geotecniche, delle prove in sito e dei sondaggi effettuati durante le campagne di indagine. Si provvederà altresì a dar conto delle verifiche di stabilità dell’opera e di tutte le altre verifiche di carattere geotecnico ed idraulico previste in normativa.



Figura 1 Foto dell’area in esame a seguito dell’evento alluvionale di Novembre 2018

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel presente studio, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 27/01/2018 - “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 7 del 21 Gennaio 2019 - “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche”.

3 MATERIALI

Caratteristiche meccaniche rilevato:

- $\gamma = 20 \text{ kN/mc}$;
- $\varphi = 38^\circ$;
- $c = 0 \text{ kPa}$.

4 DESCRIZIONE DELL’OPERA

L’opera in esame è rappresentata da un rilevato in terra, al cui piede è prevista una protezione in gabbioni di altezza variabile.

Si riporta nel seguito una sezione tipo dell’intervento di progetto, rimandando agli elaborati grafici dell’opera per maggiori dettagli.

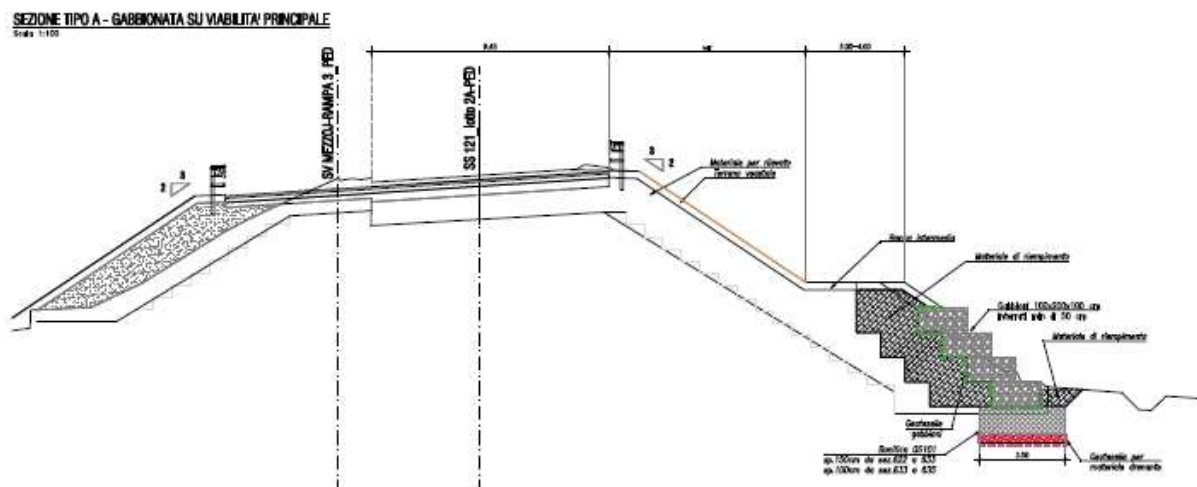


Figura 2 Sezione tipologica OS101

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

5.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale: $V_N = 50$ anni
- classe d'uso: IV

da cui risulta:

- coefficiente d'uso: $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni

5.2 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle azioni sismiche, viene condotto nel rispetto della normativa vigente.

Le coordinate geografiche di riferimento (secondo sistema ED50) per l'opera in esame sono:

Longitudine: $13^\circ.463$
Latitudine: $37^\circ.882$

Per le analisi in condizioni sismiche, concordemente alle indicazioni della normativa vigente, è stato preso come riferimento lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e, dunque, i seguenti parametri:

- categoria di suolo C
- Coefficiente topografico T1
- fattore di sito $S = 1.451$
- accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido: $a_g = 0.165g$
- massima accelerazione su sottosuolo tipo C $a_{max} = 0.239g$
- coefficiente sismico orizzontale: $k_h = 0.091$
- coefficiente sismico verticale: $k_v = \pm 0.045$

Concordemente alle indicazioni di normativa i coefficienti di smorzamento sono stati posti pari a $\beta = 0.38$.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED I DROGEOLOGICO

6.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le prove in sito ed i sondaggi effettuati nei pressi dell'opera sono riepilogati nelle seguente tabella e nella seguente figura.

OS 101						
INDAGINI	CPT1	CPT2	CPT3	PZ1	S1	PZ2

Tabella 1- INDAGINI IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA

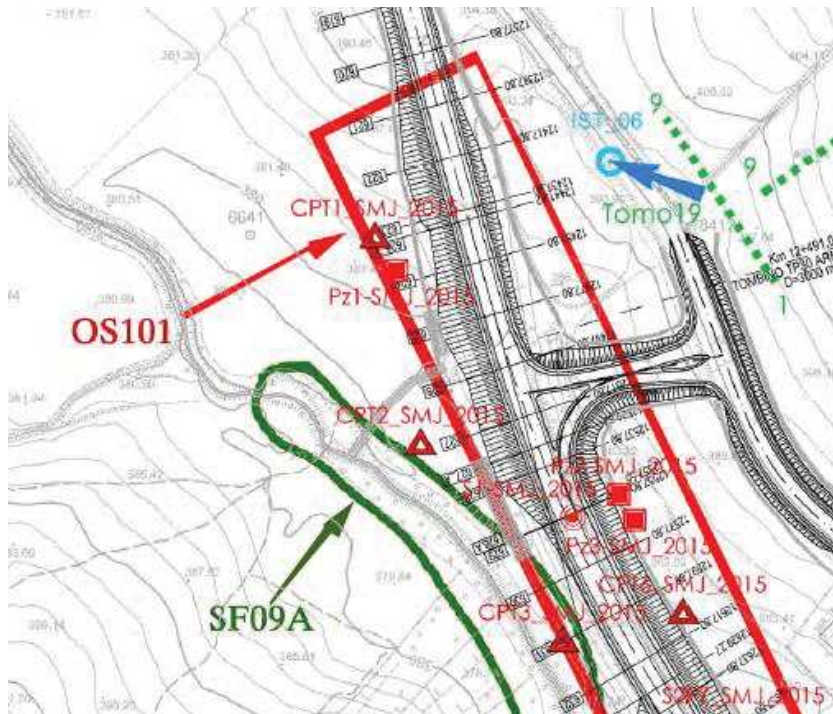


Figura 3: UBICAZIONE INDAGINI DI RIFERIMENTO

In totale sono stati eseguiti:

- n.2 prove penetrometriche CPT
- n.2 piezometri
- n.1 sondaggio a carotaggio continuo

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

6.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED I DROGEOLOGICO

Per tale inquadramento si rimanda alla relazione geologica Generale .

Con specifico riferimento a tale documento, alla relazione geotecnica generale, ed alle indagini effettuate nell'area, la stratigrafia di riferimento per le opere in esame risulta essere la seguente:

Area (OS101)		
Profondità m. da p.c.	Litologia	Formazione
0.0-11.5	Limi sabbiosi argillosi (alterati)	LSA
>11.5	Argille limose grigie consistenti	AG

Tabella 2- CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

7.1 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Come riportato nella Relazione Geotecnica Generale, sulla base del modello geologico e geotecnico di riferimento le unità stratigrafiche, presenti nell'intera area di svincolo, sono le seguenti:

- **Unità LSA:** limi sabbiosi argillosi moderatamente consistenti.
- **Unità AG:** argille limose grigie. Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata con inclusi elementi lapidei, da consistenti a molto consistenti, talvolta con intercalati livelli sabbiosi e/o livelli, strati di argilliti a consistenza pseudo-litoide.

Per quanto riguarda la stratigrafia di riferimento ed i parametri geotecnici delle formazioni interagenti con l'opera ci si riferirà a quanto segue:

OS101						
Profondità	Unità stratigrafica	γ	c'	φ'	c_u	E'
m	-	kN/mc	kPa	deg	kPa	MPa
11.5	LSA	20	5	25	100	25
inf	AG	20.5	20	26	400	100

Tabella 3- PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

8 DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

A seguito degli eventi alluvionali del novembre 2018, meglio descritti nella premessa del presente elaborato, vista la notevole vicinanza dell'opera in esame al fiume Frattina, i rilevati in terra rinforzata sono stati riprogettati e verificati tenendo in conto l'eventualità di un'esondazione del corso d'acqua per un evento straordinario corrispondente al deflusso di una portata di piena con tempo di ritorno $T_r=300$ anni.

Si riporta nel presente paragrafo la metodologia proposta per il calcolo di detta portata.

8.1 APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI

Con riferimento al bacino oggetto di studio, l'individuazione delle caratteristiche pluviometriche è stata determinata in conformità a quanto previsto dal progetto di valutazione Piene (VaPi) del gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), mediante le procedure di regionalizzazione, secondo le procedure indicate nel rapporto della Regione Sicilia (Ferro e Carnozzo 1993).

La determinazione dell'altezza di pioggia (h), e le relative intensità (i) è stata condotta utilizzando il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution).

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola in tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni parametri statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico della serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per l'intera regione Sicilia. L'intera regione si ritiene pertanto una zona pluviometricamente omogenea ed i valori dei parametri sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

Il secondo livello di regionalizzazione prevede l'individuazione di sottozone omogenee (SZO) all'interno di quella individuata al primo livello. In tali zone risulta costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometricamente omogenee.

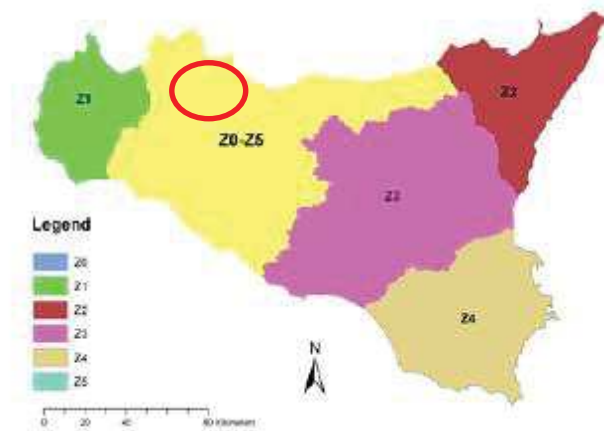


Figura 4: Sottozone pluviometricamente omogenee regione Sicilia. Cerchiata in rosso l'area di interesse.

In ogni sottozona la variabile adimensionale $h = h(t, T)$, valore dell'altezza di pioggia per fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media della legge TCEV, assume la seguente espressione:

$$K_T = a * \ln(T) + b$$

Dove:

K_T : coefficiente adimensionale di crescita per ogni SZO fissato il tempo di ritorno;

a, b : parametri per le differenti SZO definiti nella tabella seguente.

Sottozona Parametro	Z ₀ -Z ₅	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 4.2: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007).

Figura 5: Coefficienti a, b per la definizione del coefficiente di crescita. Cerchiata in rosso la zona di interesse.

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità (μ) e le grandezze relative al sito di misura, dipendenti dai parametri geografici.

L'espressione della curva di probabilità pluviometria assume quindi la forma:

$$h(t, T) = K_T * \mu(t)$$

Dove:

$h(t, T)$: è l'altezza di pioggia per assegnata durata t e tempo di ritorno T ;

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

$\mu(t)$: assume per le stazioni pluviografiche siciliane la seguente forma: $\mu(t) = a * t^n$, con a, n tabellati per ogni stazione pluviografica.

Nel presente caso, vista l'ubicazione dell'area oggetto del presente studio, sono stati utilizzati i valori di a ed n afferenti alla stazione pluviometrica di **Mezzojuso**.

L'espressione analitica della legge di probabilità pluviometrica, per il tempo di ritorno pari a 300 anni assume quindi la seguente forma:

$$h(t, T = 300) = 63.24 * t^{0.3415}$$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbianata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

Tab. 5.III - Valori delle costanti a e n della (5.17) per le stazioni pluviografiche siciliane

Codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
1	Monforte S. Giorgio	Niceto	35.9	0.3391
2	Milazzo	Tra Muro e Mela	30.3	0.2208
3	Castroreale	Longano	27.4	0.4470
4	Montalbano Elicona	Mazzarrà	26.2	0.4255
5	Tindari	Tra Mazzarrà e Timeto	26.5	0.2977
6	S. Piero Patti	Timeto	28.3	0.3369
7	Capo d'Orlando	Tra Naso e Zappulla	20.5	0.2934
8	Tortorici	Zappulla	28.4	0.3347
9	Alcara Li Fusi	Rosmarino	23.2	0.3970
10	Sanfratello	Inganno	21.9	0.3723
11	S. Stefano di Camasra	S. Stefano	26.7	0.2560
12	Castelbuono	Pollina	25.6	0.3451
13	Isnello	Pollina	25.0	0.4109
14	Cefalù	Pollina	27.3	0.2827
15	Collesano	Roccella	28.1	0.3880
16	Caltavuturo	Imera Settentrionale	20.4	0.4252
17	Gioia (Fattoria)	Torto	20.5	0.3147
18	Termini Imerese	Tra Torto e S. Leonardo	30.5	0.2635
19	Imbriaca	S. Leonardo	22.6	0.3567
20	Vicari	S. Leonardo	22.5	0.3205
21	Campofelice di Fitalia	S. Leonardo	22.9	0.2244
22	Mezzoiuso	S. Leonardo	20.6	0.3415

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

Codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
23	Sambuchi	S. Leonardo	19.5	0.3172
24	Caccamo	S. Leonardo	22.0	0.3414
25	Ciminna	S. Leonardo	20.8	0.3529
26	Monumentale	S. Leonardo	29.3	0.2608
27	Turdiepi (Fattoria)	Eleuterio	21.6	0.3511
28	Lupo	Eleuterio	24.9	0.2819
29	Ficuzza	Eleuterio	22.2	0.3088
30	Ficuzza Bosco	Eleuterio	24.1	0.3792
31	Marineo	Eleuterio	27.4	0.2979
32	Risalaimi	Eleuterio	24.9	0.3272
33	Misilmeri	Eleuterio	21.0	0.3054
34	Pioppo	Oreto	27.4	0.4032
35	Altofonte	Oreto	25.0	0.3567
36	Romitello	Tra Oreto e Giancaldara	30.1	0.2972
37	S. Martino delle Scale	Tra Oreto e Giancaldara	28.2	0.3327
38	Montepellegrino	Tra Oreto e Giancaldara	29.5	0.2733
39	Partinico	Tra Oreto e Giancaldara	21.2	0.3120
40	Palermo Ist. Zoot.	Tra Oreto e Giancaldara	25.1	0.2928
41	Palermo Serv. Idr.	Tra Oreto e Giancaldara	28.7	0.3143
42	Palermo Oss. Astr.	Tra Oreto e Giancaldara	22.2	0.2687
43	Palermo Ist. Castel.	Tra Oreto e Giancaldara	23.2	0.3119
44	Isola delle femmine	Tra Oreto e Giancaldara	21.7	0.2968
45	Ginestra	Giancaldara	27.9	0.3874

Figura 6: Parametri a, n delle curve CPP per le differenti stazioni pluviometriche.

All'analisi pluviometrica segue la valutazione della portata al colmo di piena istantanea. Per tale valutazione ci si è riferiti al modello di regionalizzazione proposto dal VaPi Sicilia al terzo livello di

regionalizzazione, utilizzando come metodo di trasformazione afflussi-deflussi la formula razionale per la quale:

$$Q = \frac{\psi * I(t_c) * A}{3.6} [mc/s]$$

Dove:

ψ : Coefficiente di deflusso;

$I(t_c)$: Intensità di precipitazione massima registrata in un intervallo orario pari al tempo di corrivazione del bacino;

A: Area del bacino.

L'area del bacino di pertinenza della zona di studio è stata posta pari a 25.1 km², coerentemente agli studi idrologici presentati nelle precedenti fasi progettuali, i cui contenuti sono stati verificati dallo scrivente a monte della redazione del presente elaborato.

Il tempo di corrivazione del bacino è stato ricavato utilizzando la metodologia indicata dal Vapi della regione Sicilia, per la quale:

$$t_c = 0.35\sqrt{A}$$

Nel caso in esame risulta pertanto:

$$t_c = 1.8 [h]$$

Il valore del coefficiente di deflusso è stato determinato mediante il metodo "Curve Number" proposto dal Soil Conservation Service (1972), metodologia indicata dai rapporti relativi al *P.A.I. per "Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia e il bacino del fiume San Leonardo (n.0.35)" "Bacino idrografico del fiume San Leonardo (PA)"* (2004 e successivi aggiornamenti). La metodologia completa viene illustrata nel seguente paragrafo.

8.1.1 Determinazione del parametro CN

Il metodo del Curve Number si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) risulti legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda (effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale secondo la relazione:

$$P_{net} = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} [mm] \quad (1)$$

Dove:

S: Massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni sature;

I_a: Perdita iniziale, equivalente al valore limite di altezza di pioggia che può essere trattenuta dal terreno senza che si origini il deflusso.

In assenza di adeguate osservazioni utili il parametro I_a può essere calcolato come:

$$I_a = 0.2 * S \quad (2)$$

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), secondo la seguente relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) [mm] \quad (3)$$

Dove CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e della condizione di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base delle capacità di assorbimento del terreno, ha classificato i vari tipi di suolo n 4 gruppi (A,B,C,D) come indicato nella tabella che segue.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tabella 4 - Metodo SCS-CN Classi di suolo

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di uso del suolo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Tabella 5 - Metodo SCS-CN ;CN per diversi tipi di uso del suolo per condizioni di umidità iniziale media (Classe II)

I valori di CN riportati in tabella si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo intermedia secondo la classifica AMC (Antecedent Moisture Condition). Si assume pertanto che il valore di CN vari in relazione alle condizioni di imbibimento all'atto della piena. Tale stato di imbibimento viene espresso, dalla classificazione AMC, in base ad un indice di altezza di pioggia corrispondente all'altezza cumulata dei 5 giorni precedenti all'evento che si intende considerare (API₅).

Noto il valore di CN per le condizioni medie (ACM II), è possibile ricavare il corrispondente valore per le condizioni di interesse secondo le curve di seguito riportate.

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

Tabella 6 - Definizione della classe di umidità in base all'indice API₅

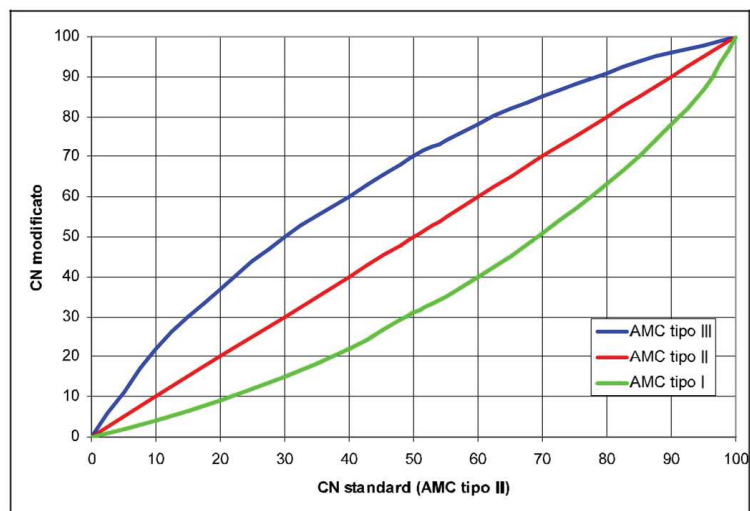


Figura 7 - Curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni iniziali

Considerando le caratteristiche geologiche del bacino idrografico oggetto del presente studio (vedasi relazione Geologica Generale allegata al presente progetto), si è considerata la tipologia idrologica di suolo **D**.

il valore del parametro CN è stato ricavato come media pesata dei valori CN_i attribuiti ai diversi usi del suolo.

A partire dalla carta di uso del suolo del 2018 della Regione Sicilia, le categorie di uso del suolo presenti nel bacino di competenza sono state ricondotte a 3 categorie principali, a ciascuna delle quali è stato attribuito un valore di CN stabilito sulla base di quanto riportato in **Errore. L'origine r iferimento non è stata trovata.**

Si riportano i valori di CN attribuiti a ciascuna categoria:

- 1- Spazi aperti, pascoli e terreni coltivati $CN_{SA}=85$
- 2- Aree boschive o forestali $CN_{AB}=82$
- 3- Aree impermeabilizzate, aree residenziali e commerciali $CN_{AI}=95$

Il valore del CN da attribuire al bacino o sottobacino è stato quindi calcolato come:

$$CN = \frac{\sum_i CN_i A_i}{A_{tot}}$$

Essendo le aree di pertinenza di ogni categoria per il bacino in esame:

- $A_{SA} = 18.61$ (km² Spazi aperti/pascoli e terreni coltivati)
- $A_{AB} = 6.68$ (km² Aree boscate e forestali)
- $A_{AI} = 0.0$ (km² Aree impermeabilizzate residenziali e commerciali)

Si ottiene quindi:

$$CN = \frac{\sum_i CN_i A_i}{A_{tot}} = \frac{85 * 18.61 + 82 * 6.68 + 95 * 0.0}{25.09} = 84$$

Considerando una condizione di imbibimento del terreno media (classe AMC II) si è attribuito un valore di CN pari a 84.

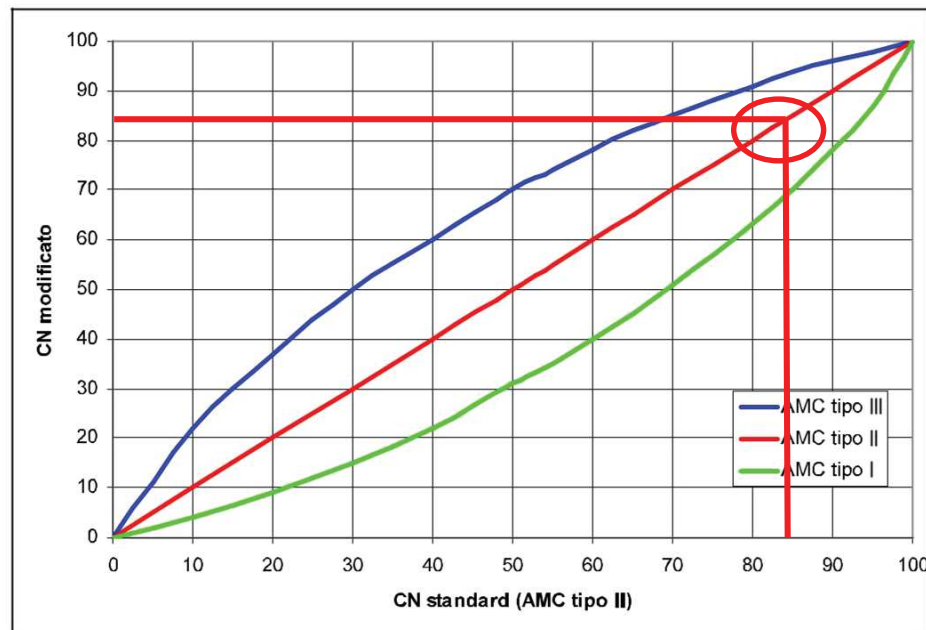


Figura 8 - Procedura grafica per la stima di CN

Il valore di CN così ottenuto risulta in linea con i valori proposti dal rapporto relativo al P.A.I per l'area in esame.

8.1.2 Calcolo del coefficiente di deflusso

La determinazione della pioggia lorda è stata eseguita secondo la metodologia proposta dal VaPi Sicilia, come illustrato nel precedente paragrafo.

Il valore di pioggia lorda, per il tempo di ritorno pari a 300 anni, per il bacino in esame risulta pertanto:

$$h(t_c, T = 300) = 63.24 * 1.8^{0.3415} = 76.6 [mm]$$

Utilizzando le relazioni (1), (2), (3) del paragrafo 8.1.1 si ottengono pertanto i seguenti valori:

- $S = 254 \left(\frac{100}{84} - 1 \right) = 48.4 [mm]$
- $I_a = 0.2 * 48.4 = 9.7$
- $P_{net} = \frac{(76.6 - 9.7)^2}{76.6 - 9.7 + 48.4} = 38.8 [mm]$

Il valore del coefficiente di deflusso è quindi calcolabile come rapporto tra la pioggia effettiva e la pioggia netta calcolata con il metodo SCS-CN e pertanto pari a:

$$\psi = \frac{P_{net}}{P} = 0.51$$

8.1.3 Calcolo della portata di progetto

La portata di progetto con tempo di ritorno trecentennale è quindi stata calcolata sulla base delle metodologie e dei risultati illustrati nei precedenti paragrafi. Applicando pertanto la formula razionale, utilizzando i coefficienti di deflusso calcolati con il metodo SCS, si ottiene per il bacino in esame:

$$Q = 154.43 m^3/s$$

9 SOFTWARE UTILIZZATI

Il software utilizzato per il calcolo dell'opera in esame è di seguito indicato:

- **Geoslope 2007** - Geostudio, per la verifica di stabilità
- **HEC-RAS 5.0.5** – US Army Corps of Engineers

Per quanto riguarda i suddetti software/codici di calcolo si dichiara di aver condotto una valutazione di affidabilità e dell'idoneità al caso specifico di applicazione, attraverso verifiche alternative di controllo sui modelli realizzati ed una validazione critica dei risultati degli stessi mediante analisi semplificate tradizionali, nonché di aver esaminato la documentazione fornita dal produttore o dal distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione dei programmi.

9.1 METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE GEOSLOPE

Le verifiche di stabilità con i metodi dell'equilibrio limite rispondono a requisiti di semplicità e rapidità e sono correntemente impiegate, malgrado le loro limitazioni, nella pratica professionale e nella ricerca; ognuno dei metodi disponibili fornisce un'equazione finale che permette di determinare il coefficiente di sicurezza. [Tancredi, 1996].

Ogni metodo assume una serie di ipotesi semplificative così da poter rendere risolvibile il sistema di equazioni che, come vedremo, risulta essere staticamente indeterminato.

Alcuni di questi metodi sono stati risolti con metodo iterativo, vale a dire creando una procedura di calcolo che facilita la loro implementazione su macchina. Tra questi ci interessa maggiormente approfondire il metodo implementato dal programma di calcolo SLOPE/W, che è il metodo di Bishop (1955) e la sua semplificazione.

Le analisi di stabilità che adottano tali metodi sono quelle dell'equilibrio limite globale. Tale verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio. Scelta quindi una superficie di rottura si suddivide in conci la parte instabile, si studia dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi si passa alla stabilità globale.

Dato l'elevato numero di incognite, ogni metodo assume delle ipotesi semplificative che rendono risolvibile il sistema e sono proprio tali ipotesi che differenziano un metodo dall'altro.

Esistono diverse formulazioni ascrivibili a diversi autori per il calcolo e la soluzione di problemi relativi alla stabilità dei pendii tramite metodi dell'equilibrio limite, tutti questi metodi si basano su ipotesi comuni, che sono:

- Il coefficiente di sicurezza è definito come il rapporto tra la resistenza al taglio lungo un'ipotetica superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la stessa superficie;
- La rottura avviene, per il raggiungimento della resistenza limite, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento.
- Il coefficiente di sicurezza è costante in tutti i punti della superficie di scorrimento.
- La resistenza al taglio è espressa dal criterio di Coulomb.

Nell'utilizzare tali metodi di calcolo si fa sempre riferimento a problemi piani nei quali, quindi, la superficie di scorrimento è rappresentata da una curva e si trascura ogni effetto dovuto alle sezioni adiacenti. Tali schematizzazioni sono giustificabili se le proprietà meccaniche dei terreni sono omogenee in direzione trasversale e quando l'estensione del pendio è predominante sulla dimensione trasversale.

In generale la massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento e la superficie del suolo viene suddivisa in conci e le forze che agiscono su ciascuna striscia possono essere calcolate imponendo le condizioni di equilibrio. L'equilibrio dell'intera massa è dato poi dalla composizione delle forze che agiscono su ciascuna striscia. [Tancredi, 1996]

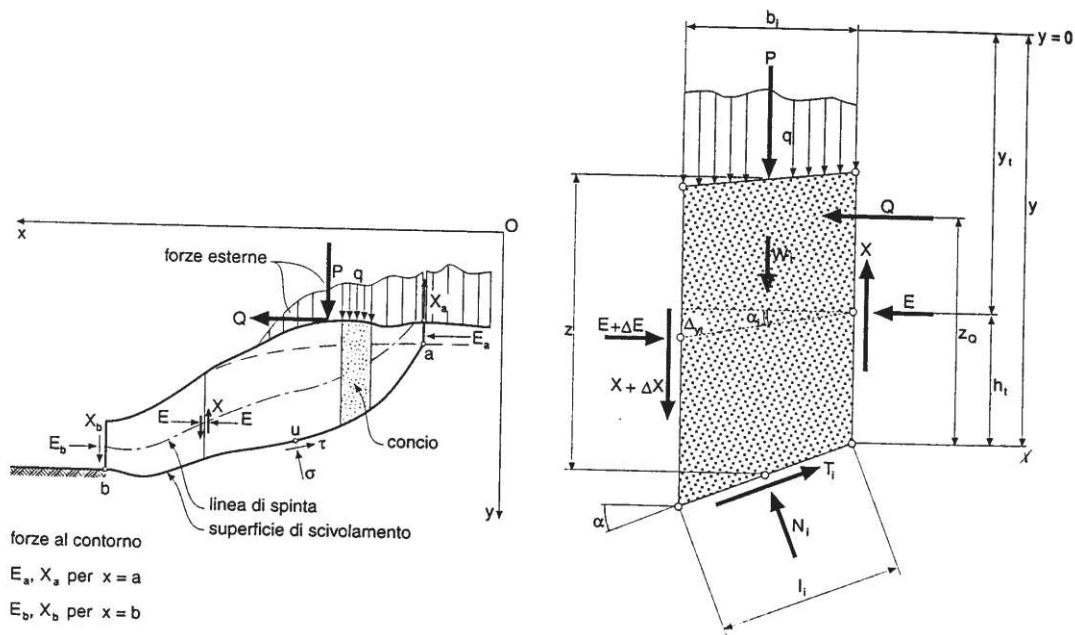


Figura 9: METODO DELLE STRISCE

Le forze agenti su ciascun concio sono, con riferimento alla figura precedente: Il peso W , l'azione tangenziale alla base T , l'azione normale efficace alla base N , la spinta dell'acqua sulla base U , gli sforzi tangenziali X e quelli normali E sulle superfici laterali (forze d'interfaccia).

Le condizioni di equilibrio di ciascun concio sono date dalle tre equazioni della statica, pertanto, ammettendo di suddividere il volume di terreno in esame in n conci, si hanno a disposizione $3n$ equazioni, mentre le incognite del problema risultano essere $5n-2$ così composte:

- n valori per l'azione delle forze normali efficaci alla base.
- $n-1$ valori per ciascuna delle forze d'interfaccia (X ed E)
- $n-1$ valori per il punto di applicazione delle forze d'interfaccia in direzione orizzontale.
- n valori per il punto di applicazione degli sforzi normali efficaci alla base.
- 1 valore del coefficiente di sicurezza.

Come già accennato, dal bilancio fra le equazioni disponibili e il numero delle incognite risulta che si hanno $2n-2$ incognite sovrabbondanti e quindi il problema risulta staticamente indeterminato, per riportarlo a staticamente determinato e rendere possibile la soluzione del sistema di equazioni che descrivono l'equilibrio della massa di terreno potenzialmente instabile, è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative che consentono di ridurre il numero delle incognite del problema. La prima tra tutte, che risulta, tra le altre cose, comune a tutti i metodi, è quella di considerare centrata la forza agente alla base della striscia, il che è accettabile nel caso in cui i conci siano di larghezza limitata. Le altre ipotesi necessarie per risolvere il sistema di equazioni sono diverse caso per caso e sono queste stesse che caratterizzano un metodo da un altro. L'esistenza di molti metodi di calcolo porta alcune volte alla indeterminatezza della soluzione, è bene quindi sottolineare che da studi comparativi effettuati per indagare la risposta dei diversi metodi di calcolo, indicano che, quelli che soddisfano tutte le condizioni di equilibrio danno sostanzialmente gli stessi risultati in termini di coefficiente di sicurezza, o meglio che non differiscono tra loro più del 5%. [Duncan, 1980].

9.2 METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE HEC-RAS

Il modello di simulazione HEC-RAS (River Analysis System) è stato inizialmente sviluppato dall'US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center per lo studio delle reti di canali aperti, attraverso la ricostruzione dei profili idraulici di moto permanente in regime subcritico e supercritico, operando nell'ipotesi di monodimensionalità del flusso.

La determinazione dei parametri fisici che descrivono il deflusso all'interno di una sezione d'alveo in HEC-RAS è basata sulle seguenti ipotesi semplificative:

- moto monodimensionale;

- moto gradualmente variato;
- distribuzione idrostatica delle pressioni in ciascuna sezione (linee di corrente rettilinee e parallele);
- alvei a debole pendenza ($i < 1:10$);
- perdite di carico continue mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- sponde e fondo delle sezioni fisse (no erosione).

Sotto le predette ipotesi, le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) vengono calcolate a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle, a seconda che il regime sia rispettivamente supercritico o subcritico, risolvendo, con la procedura iterativa dello standard step method, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni (1):

$$z_1 + h_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} + \Delta H \quad (1)$$

dove, indicando con i pedici 1 e 2 le grandezze che si riferiscono alle due sezioni che individuano il volume di controllo:

- h_1 e h_2 sono le altezze idriche;
- z_1 e z_2 sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato; V_1 e V_2 sono le velocità medie;
- α_1 e α_2 sono i coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche o coefficienti di Coriolis;
- ΔH è la perdita di carico tra le due sezioni.

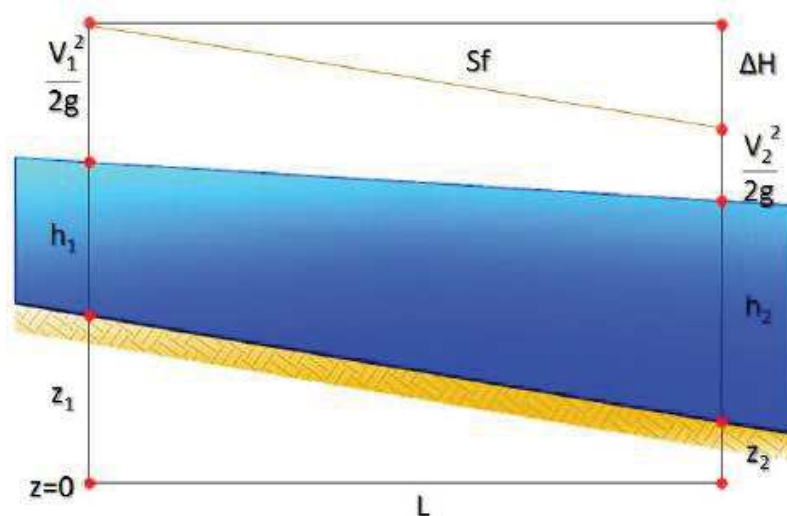


Figura 10: Conservazione dell'energia, schema di calcolo

L'equazione (1) esprime il ben noto principio per cui la variazione tra due sezioni dell'energia specifica della corrente è pari alle perdite distribuite, derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa liquida, ed alle perdite localizzate, in genere dovute alla presenza di strutture in alveo che inizialmente producono un restringimento della corrente e un successivo allargamento con formazione di vortici.

La perdita di carico tra le due sezioni viene, infatti, valutata come la somma di due termini: una componente di attrito h_f , dovuta alla scabrezza di fondo, calcolata per mezzo dell'equazione di Manning, e una componente h_0 che rappresenta le perdite dovute a contrazioni ed espansioni della vena fluida, calcolata come frazione del carico cinetico:

$$\Delta H = h_f + h_0 = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

con S_f : cadente della linea dei carichi totali;

C: coefficiente di contrazione ed espansione.

HEC-RAS possiede quattro diverse modalità per la valutazione della cadente media S_f :

1. Trasporto medio valutato tra le sezioni 1,2;
2. Media aritmetica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;
3. Media geometrica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;
4. Media armonica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;

Il programma utilizza per default la prima delle quattro opzioni, a meno di indicazioni diverse da parte dell'utente. Il programma offre una quinta opzione che consente la selezione automatica della formula più idonea tra quelle illustrate in funzione del regime della corrente.

Il codice HEC-RAS suddivide l'area interessata dal moto in tre zone principali: zona golenale sinistra (LOB, left overbank), alveo ordinario (CH, channel), zona golenale destra (ROB, right overbank). Per tener conto dell'andamento curvilineo dell'asse, la distanza di calcolo tra due sezioni viene ponderata rispetto alla frazione di portata che fluisce rispettivamente nelle tre zone. La lunghezza mediata del tratto viene quindi calcolata come:

$$L = \frac{L_{LOB} \cdot \overline{Q}_{LOB} + L_{CH} \cdot \overline{Q}_{CH} + L_{ROB} \cdot \overline{Q}_{ROB}}{\overline{Q}_{LOB} + \overline{Q}_{CH} + \overline{Q}_{ROB}} \quad (3)$$

Con:

L_{LOB}, L_{CH}, L_{ROB} : lunghezze del tratto relative rispettivamente all'area golenale sinistra, alveo ordinario e area golenale destra;

Q_{LOB}, Q_{CH}, Q_{ROB} : portate medie attraverso la sezione rispettivamente in golena sinistra, alveo ordinario e golena destra.

Per illustrare lo standard step method utilizzato da HEC-RAS per la soluzione dell'equazione (1) si possono descrivere i passi necessari per il calcolo del profilo relativo a condizioni di moto subcritico con l'equazione dell'energia.

Si suppongano quindi due sezioni di cui si conosca la quota della superficie libera della sezione di valle; il problema che si vuole risolvere è la conoscenza della quota corrispondente alla sezione di monte.

Assumendo che la geometria delle sezioni sia nota, i termini incogniti dell'equazione sono h_1 , V_1 e ΔH . V_1 è desumibile direttamente dal valore di h_1 , per cui le incognite possono essere ridotte a due. Con due incognite è necessaria una seconda equazione, riguardante le perdite di energia ed espressa da $h_e = h_f + h_o$, per poter ottenere una soluzione. Stante la tipologia delle equazioni, la ricerca della soluzione sarà del tipo "trial and error", per successivi tentativi.

I passi attraverso cui avviene il calcolo sono i seguenti:

- Viene supposta una quota di pelo libero per la sezione di monte. Un primo tentativo può essere fatto imponendo la pendenza della linea dell'energia pari alla pendenza del tronco d'alveo; quindi, $\Delta h = (Q/K)^2 L$, dove Δh rappresenta la variazione nella quota del pelo libero, Q è la portata, K il termine di trasporto e L la distanza dalla sezione a monte;
- Sulla base della quota di pelo libero assunta e della geometria della sezione, vengono determinati i termini cinetico e il trasporto totale per la sezione a monte;
- Con i valori calcolati del termine cinetico e di trasporto del passo 2, viene calcolato il valore di h_e ;
- Con il valore calcolato di h_e , viene calcolata l'altezza di pelo libero della sezione a monte utilizzando l'equazione dell'energia;
- Viene fatto un confronto fra il valore calcolato al passo 4 e il valore impostato al passo 1. Se la differenza non è inferiore a una prefissata tolleranza (di default pari a 3 mm), il ciclo riprende cambiando il valore al passo 1.

Questa tecnica richiede tempi di elaborazione brevissimi e non incontra problemi di convergenza nemmeno in presenza di discontinuità geometriche o idrauliche.

In corrispondenza di particolari situazioni localizzate, per le quali il moto non può, a rigore, essere considerato gradualmente variato, come avviene in corrispondenza di ponti, tombini, stramazzi, risalti idraulici ecc. (passaggio attraverso lo stato critico), per il calcolo dei profili idrici viene utilizzata l'equazione di bilancio della quantità di moto:

$$P_1 - P_2 + W_x - F_f = M_1 - M_2 \quad (4)$$

Dove:

- P1 e P2 sono le spinte agenti in corrispondenza delle sezioni 1 e 2;
- Wx è la componente della forza peso del volume di controllo nella direzione del moto; Ff è la forza resistente dovuta all'attrito;
- M2 e M1 sono i flussi della quantità di moto entranti ed uscenti dalle sezioni 2 e 1.

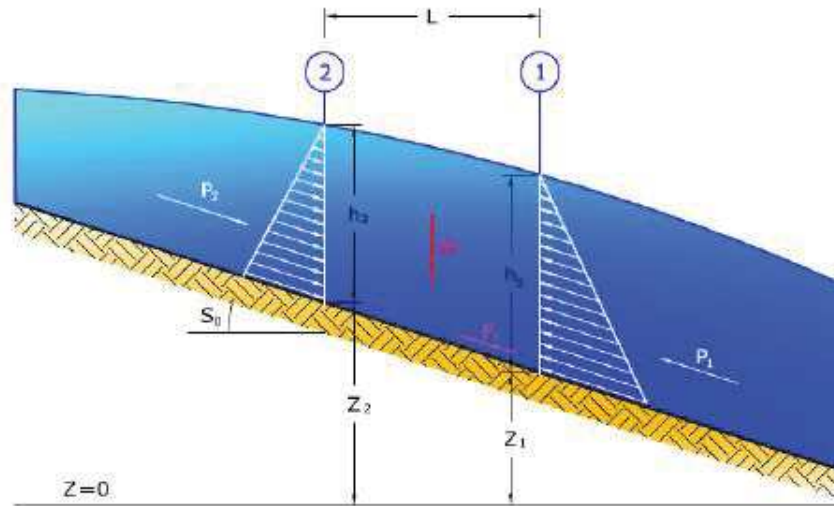


Figura 11: Conservazione della quantità di moto, schema di calcolo

Esplicitando i vari termini si ottiene la formula funzionale dell'equazione di conservazione della quantità di moto utilizzata da HEC-RAS:

$$\frac{\beta_2 \cdot Q_2^2}{g \cdot \Sigma_2} + \Sigma_2 \cdot h_2 + \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot S_0 - \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot \overline{S_f} = \frac{\beta_1 \cdot Q_1^2}{g \cdot \Sigma_1} + \Sigma_1 \cdot h_1$$

10 AZIONI DI CALCOLO

Per il progetto e la verifica delle opere sono state esaminate le varie azioni riportate nei paragrafi seguenti.

10.1 AZIONI VARIABILI

Sovraccarico uniforme indefinito

Nel caso specifico si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme indefinito, dovuto al traffico stradale, pari a 20 kPa in condizioni statiche.

10.2 FALDA

Relativamente ai livelli di falda analizzati nelle verifiche di stabilità sono stati esaminati i seguenti casi:

- Condizione di piena (analisi statica), con livello idrico posto alla quota +380.38;
- Condizione di rapido svasso (analisi statica);
- Condizione di magra (analisi statica e sismica).

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

11 RISULTATI DELLE ANALISI

11.1 RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA

In corrispondenza dell'opera OS101 sono state analizzate otto sezioni nel modello idraulico realizzato. Poiché la sistemazione idraulica ha riguardato nel tratto specifico la rimodellazione dell'alveo attraverso i gabbioni, è stato utilizzato un coefficiente di Manning pari a 0.03 in tutte le sezioni.

Infine, per la determinazione della portata di progetto si veda il par. 8 della presente relazione.

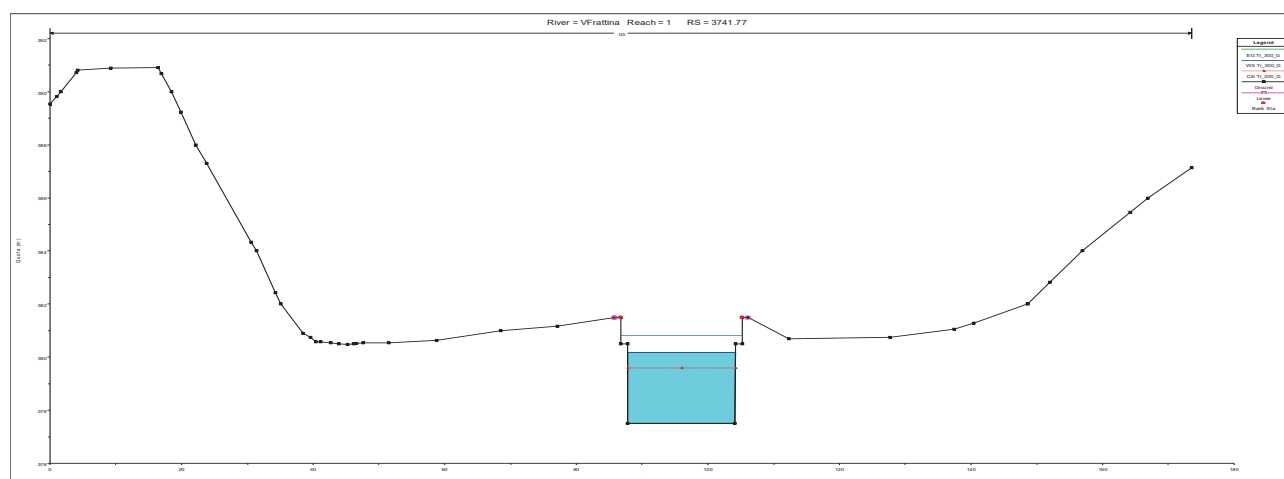


Figura 12- River station 3741.77 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

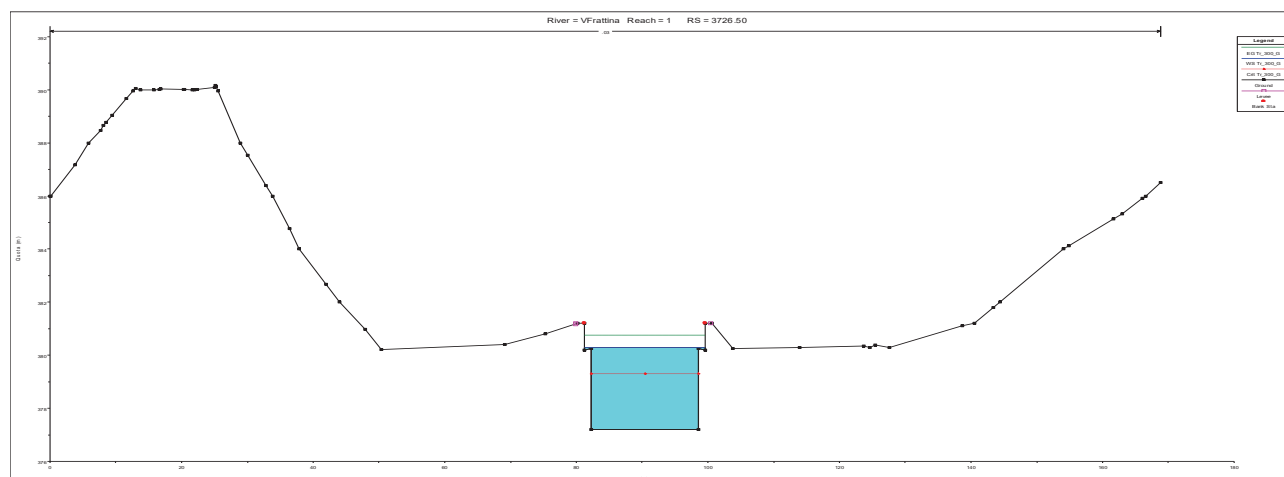


Figura 13- River station 3726.50 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

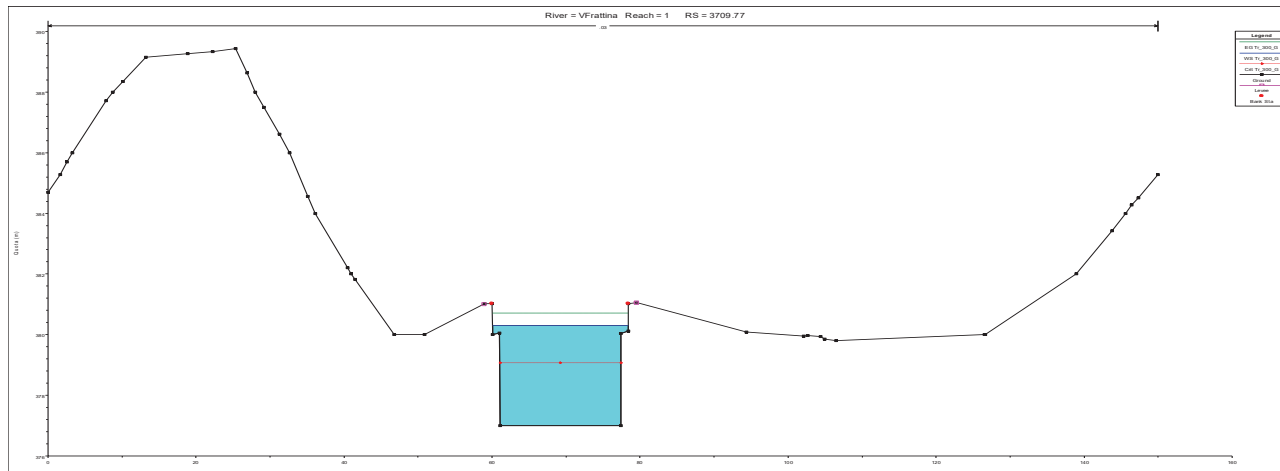


Figura 14- River station 3709.77 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

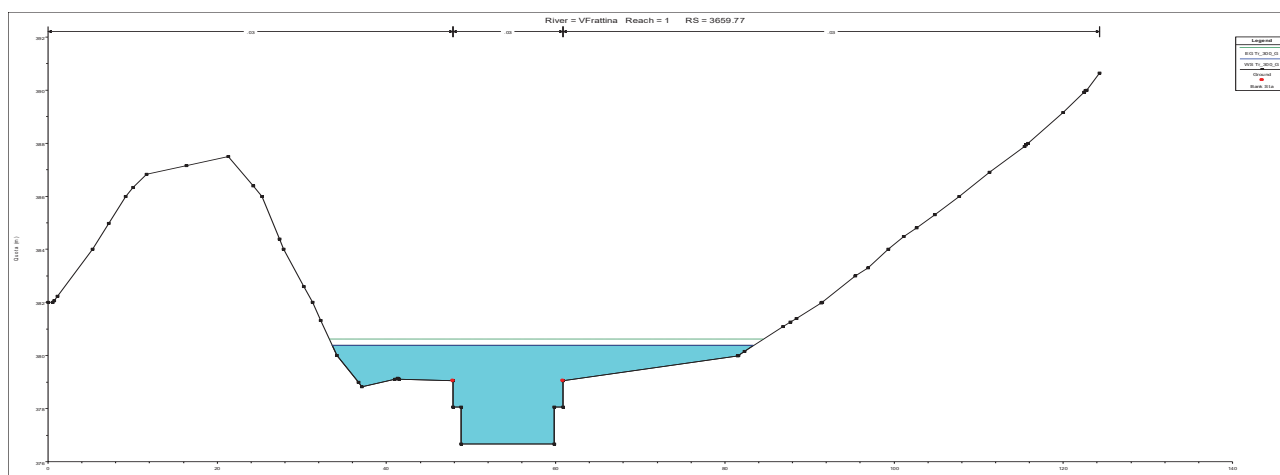


Figura 15: River station 3659.77 del modello idraulico del torrente Frattina con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

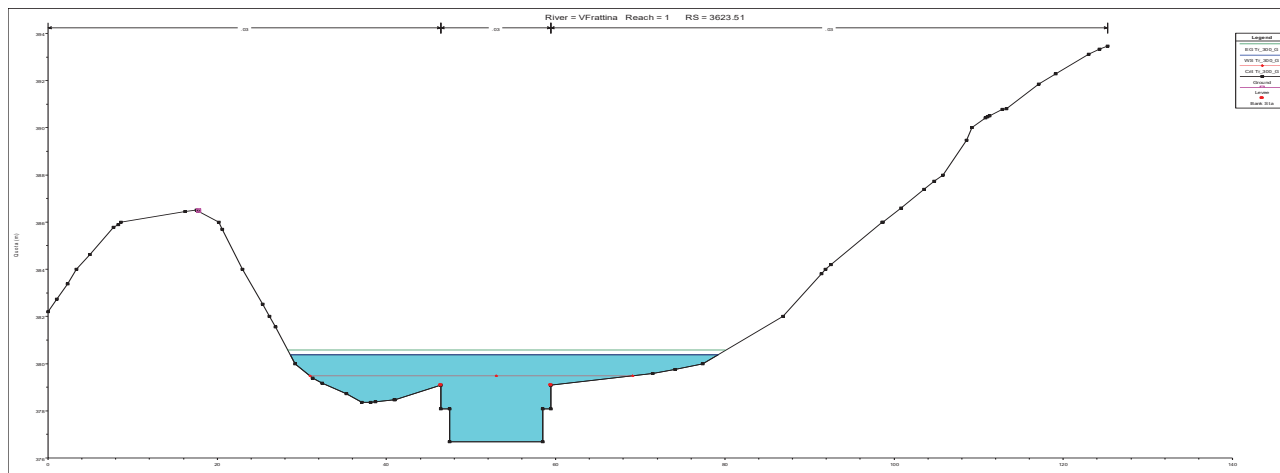


Figura 16: River station 3623.51 del modello idraulico del torrente Frattina con Tr 300 anni

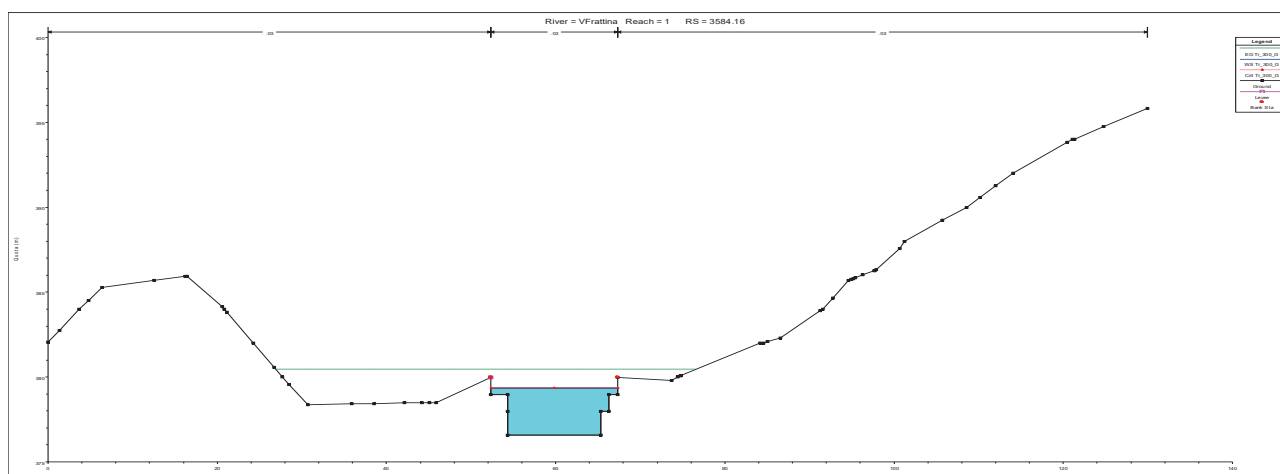


Figura 17: River station 3584.16 del modello idraulico del torrente Frattina con Tr 300 anni

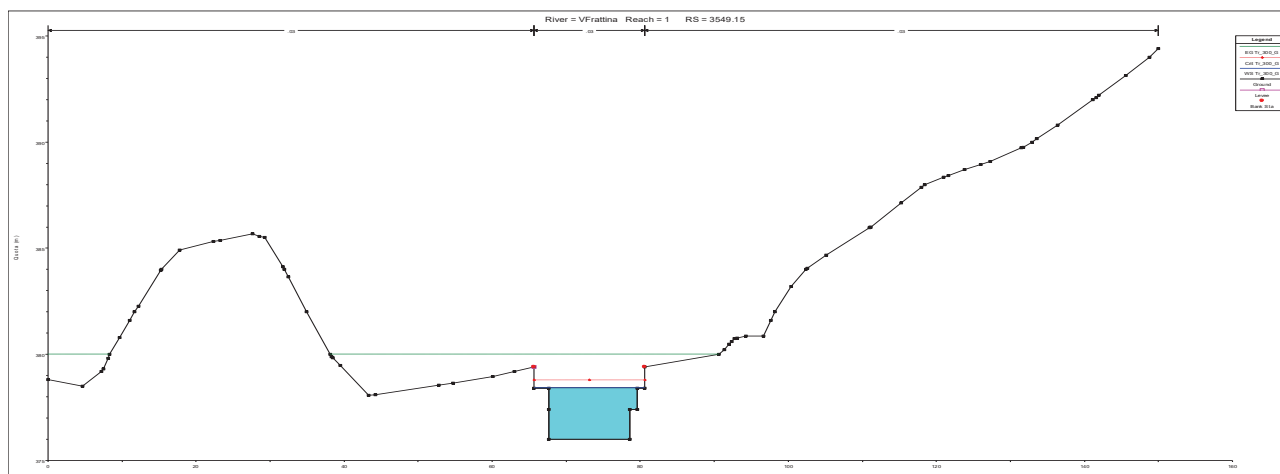


Figura 18: River station 3549.15 del modello idraulico del torrente Frattina con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

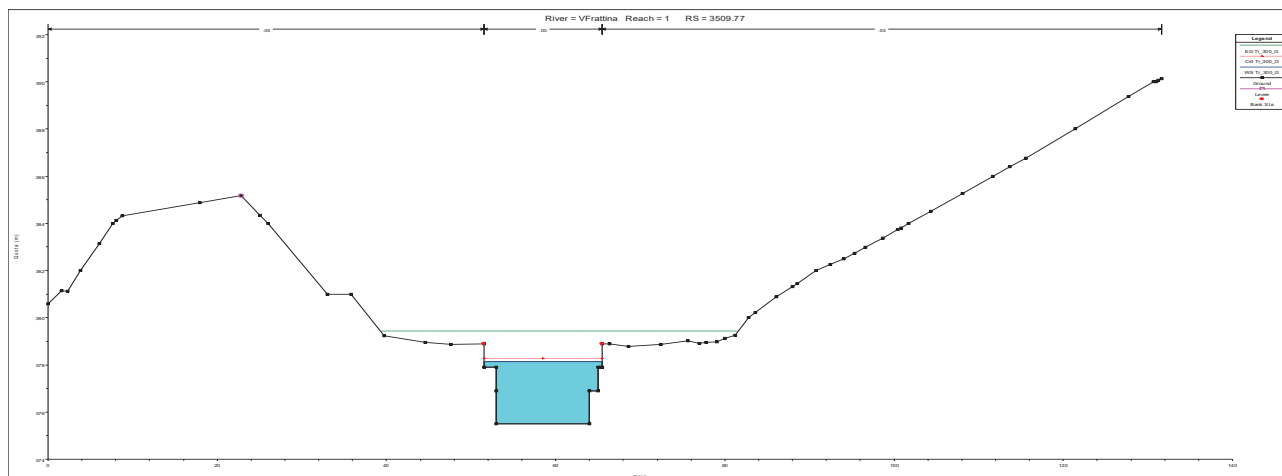


Figura 19: River station 3509.77 del modello idraulico del torrente Frattina con Tr 300 anni

Dalla modellazione risulta pertanto che la piena corrispondente al Tr di 300 anni provoca un esondazione dall'alveo ordinario, la cui area risulta interessare l'opera OS101.

Nelle verifiche di stabilità si considera pertanto l'altezza del livello idrico così determinata.

11.3 VERIFICA A TRASCINAMENTO DEI GABBIONI DEL RILEVATO

I risultati ottenuti dal modello idraulico hanno mostrato come l'opera OS101 è interessata dall'esonazione del torrente Frattina in occasione della piena con tempo di ritorno T=300 anni.

Alla luce di tali risultati si è ritenuto necessario procedere con la verifica a trascinamento dei gabbioni posti a protezione del rilevato.

Per la determinazione della velocità critica del materiale costituente i gabbioni si è fatto riferimento alla formulazione di Shields per la quale:

$$\tau_{cr} = \gamma R_H i$$

Dove:

τ_{cr} : tensione critica di trascinamento

γ : peso specifico della massa liquida

R_H : raggio idraulico

i : pendenza del fondo

Secondo la formulazione di Gauckler-Strikler la stessa relazione può essere scritta come:

$$\tau_{cr} = \gamma \frac{v_{cr}^2}{K_S^2 R_H^{1/3}}$$

Considerato un materiale cui $\gamma_s = 2600 \text{ kg/m}^3$ la precedente equazione può scriversi come:

$$v_{cr} = 0.31 K_S R_H^{1/6} \sqrt{d}$$

Dove il coefficiente di scabrezza K_s assume valori compresi tra 25 e 35 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$.

Nella verifica in esame sono stati considerati i seguenti valori tabellati.

Material	Allowable velocity [m/s]
Gabions 0.50m - $d_{50} = 0.21 \text{ m}$	7.60
Reno mattress 0.17m - $d_{50} = 0.10 \text{ m}$	4.20
Reno mattress 0.23m - $d_{50} = 0.12 \text{ m}$	5.50
Reno mattress 0.30m - $d_{50} = 0.15 \text{ m}$	6.40
MacMat R	1.50 - 3.00(*)

* For duration less than 60 hours (Utah water research Laboratory)

Come mostrato nella tabella seguente, i risultati ottenuti dal modello di calcolo presentano una massima velocità, al di fuori dell'alveo in sinistra idraulica, pari a 1.54 m/s. L'intervento di progetto risulta pertanto verificato.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

River Station	Portata (mc/s)	Quota fondo alveo (m)	Quota battente idrico (m)	Velocità fuori alveo in sinistra idraulica (m/s)
3659.77	154.43	376.66	380.38	1.44
3623.51	154.43	376.68	380.38	1.50
3584.16	154.43	376.57	379.36	
3549.15	154.43	376.00	378.43	
3509.77	154.43	375.50	378.14	

Tabella 7 – Output modello HEC-RAS per le sezioni di interesse per l'opera OS101

11.4 VERIFICHE DI STABILITA' INTERVENTO

11.4.1 GENERALITA'

Come detto le verifiche di stabilità dell'intervento sono state eseguite con il codice di calcolo Slope/W della GeoSlope International Ltd adottando il criterio di verifica all'equilibrio limite globale.

Le analisi di stabilità hanno investigato diversi scenari al fine di determinare i coefficienti di sicurezza in funzione dei possibili meccanismi di rottura ed in particolare:

1. Analisi statica in condizioni di magra;
2. Analisi sismica in condizioni di magra;
3. Analisi statica in condizioni di piena;
4. Analisi statica in condizioni di rapido svasso.

Come d'uso nei Metodi all'Equilibrio Limite Globale, tra le superfici generate viene individuata quella più critica.

Per tutti i casi analizzati è stato determinato il valore del coefficiente di sicurezza minimo (che è comunque risultato sempre maggiore del minimo di normativa) caratteristico della singola verifica di stabilità.

11.4.2 APPROCCIO NORMATIVO

Come detto, le verifiche di stabilità, nel seguito riportate, sono state eseguite seguendo i metodi dell'equilibrio limite globale secondo quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con il D.M. 17 gennaio 2018 come suggerito ai punti §6.8 e §7.11.

Per tali opere deve essere verificata la condizione $E_d < R_d$ in cui E_d è il valore di progetto delle azioni ed è pari a

$$E_d = \gamma_E E [F_k; X_k / \gamma_M; a_d]$$

mentre R_d è il valore della resistenza del sistema geotecnico pari a

$$R_d = R / \gamma_R [\gamma_F F_k; X_k / \gamma_M; a_d]$$

Con riferimento alle verifiche agli SLU la norma distingue la verifica statica da quella sismica, nello specifico gli approcci da adottare sono:

- Condizione statica: approccio 1, combinazione 2 - A2+M2+R2, coefficiente $\gamma_R = 1.1$ (§6.8 delle NTC18);
- Condizione sismica: coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici pari a 1 e coefficiente $\gamma_R = 1.2$ (§7.11.1 e §7.11.4 delle NTC18).

Relativamente alla sola verifica statica i coefficienti correttivi delle azioni sono stati scelti secondo la tab. 6.2.I nel seguito riportata mentre per le resistenze va applicata la tab. 6.2.II relativa ai coefficienti correttivi dei parametri geotecnici.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale γ_F o γ_E	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 8: COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI E PER L'EFFETTO DELLE AZIONI (TAB. 6.2.I DELLE NTC18)

Parametro	Grandezza alla quale applicare Il coefficiente parziale	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di Resistenza al taglio	$\tan \varphi'$	γ_φ	1.0	1.25
Coesione efficace	c'	γ_c	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_u	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

Tabella 9: COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO (TAB. 6.2.II DELLE NTC18)

Nello specifico, per Ed si intende lo sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento critica e per Rd la resistenza al taglio disponibile.

Pertanto, la verifica di stabilità si ritiene superata se il coefficiente di sicurezza ottenuto dal calcolo (pari a Rd/Ed) risulterà superiore a

- 1,1 per le analisi statiche;
- 1,2 per le analisi sismiche.

11.4.3 RISULTATI DI CALCOLO

Come anticipato in precedenza per l'intervento in oggetto sono state eseguite n.4 analisi di stabilità:

- n.3 analisi statiche (magra, piena, svaso rapido);
- n.1 analisi sismica in condizioni di magra.

La tabella seguente mostra i risultati delle analisi condotte mentre nelle figure seguenti sono disponibili i modelli utilizzati ed è possibile ricavare l'andamento e l'estensione delle superfici critiche.

Stati Limite	Rd /Ed statico	Rd /Ed Sismico
Condizione di magra	1.26	1.24
Condizione di piena	1.14	-
Condizione di svaso rapido	1.17	-

Tabella 10: RISULTATI ANALISI DI STABILITA'

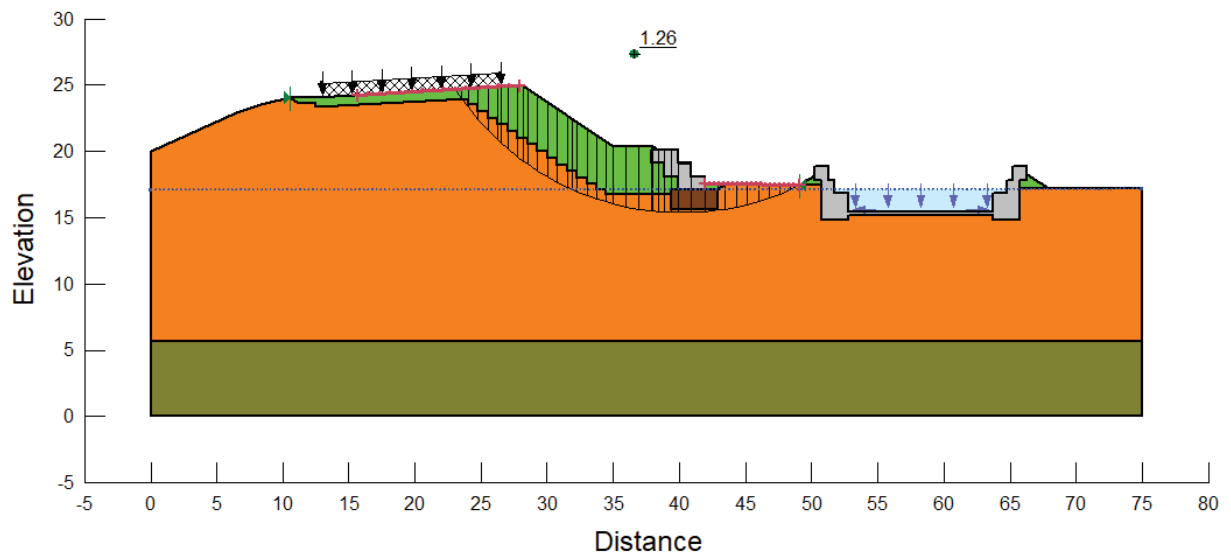


Figura 20: VERIFICA DI STABILITA' STATICA IN CONDIZIONI DI MAGRA

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

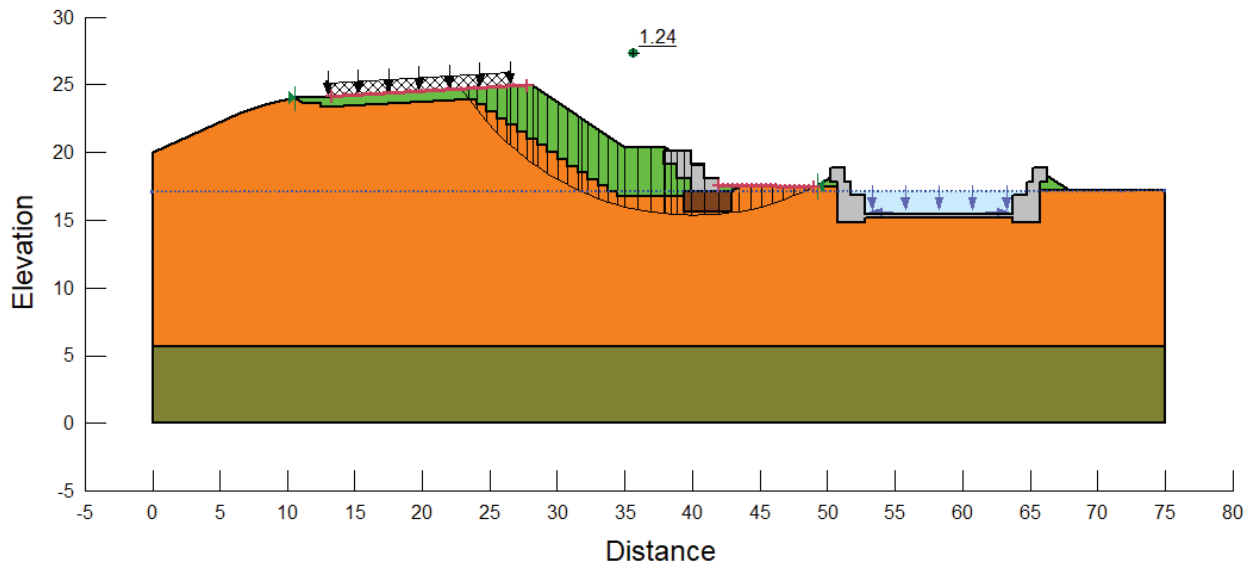


Figura 21: VERIFICA DI STABILITA' SISMICA IN CONDIZIONI DI MAGRA

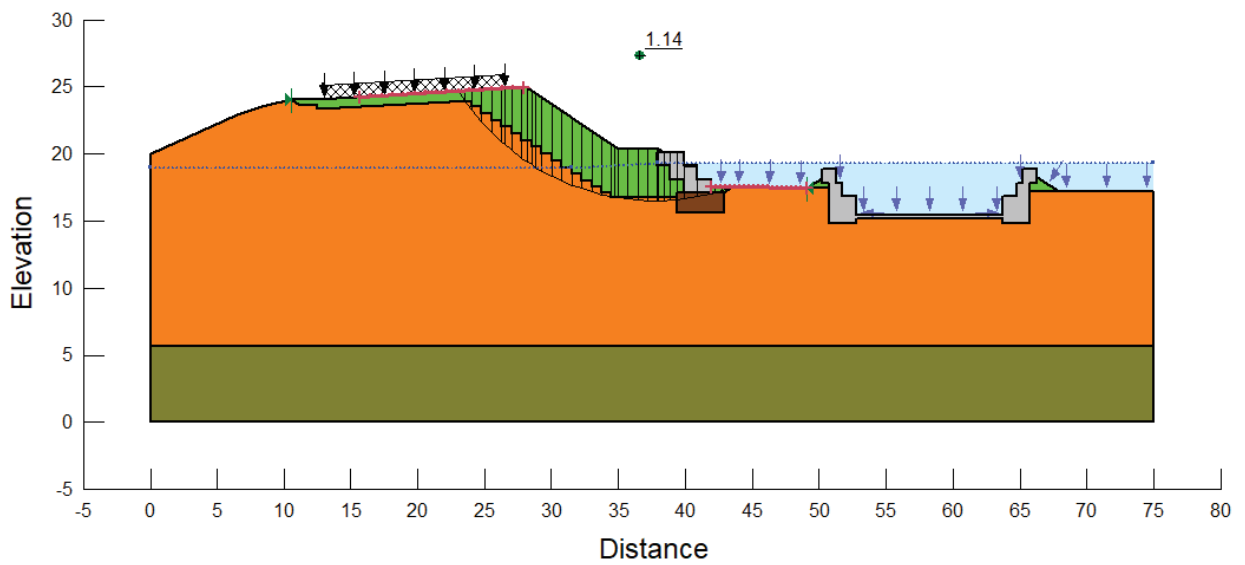


Figura 22: VERIFICA DI STABILITA' STATICA IN CONDIZIONI DI PIENA

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

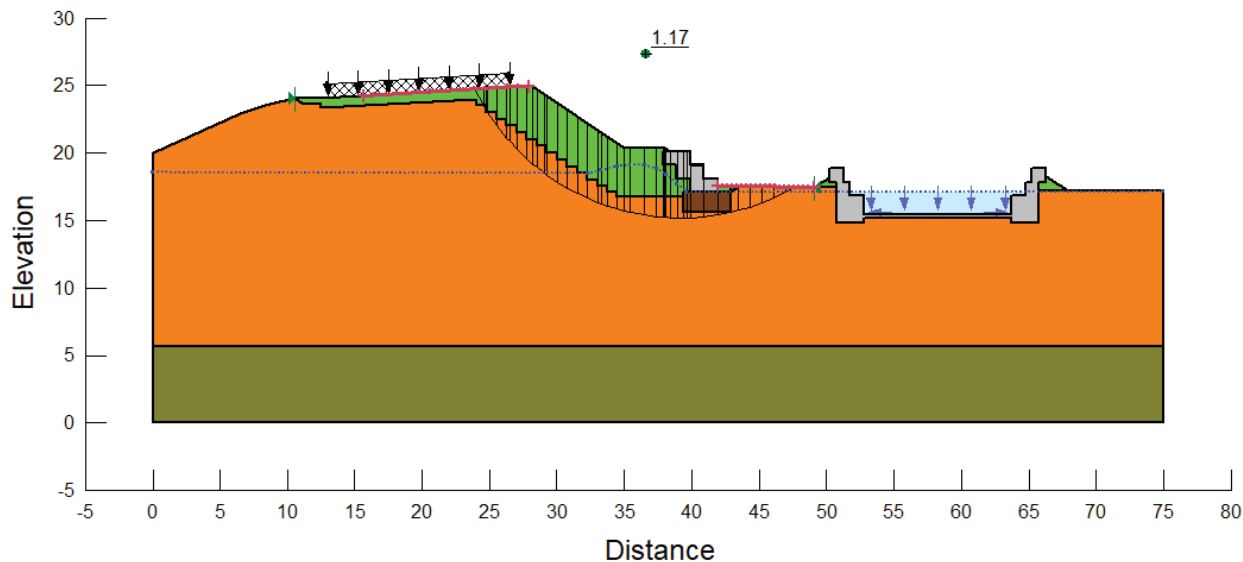


Figura 23: VERIFICA DI STABILITA' STATICA IN CONDIZIONI DI SVASO RAPIDO

Le superfici critiche, come è possibile verificare dalle immagini riportate, hanno teso ad indagare sull'accadimento di diversi fenomeni di rottura.

Tali verifiche risultano soddisfatte sia in condizioni statiche che sismiche.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

OS101 – Gabbionata dx dal km 12+489.7 al Km 12+681.65 Relazione descrittiva e di Calcolo

12 ALLEGATI FILE DI INPUT OUTPUT DEI MODELLI DI CALCOLO - GEOSLOPE

Magra

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Created By: Claudio Gravina
 Revision Number: 72
 Last Edited By: Francesca Lupino
 Date: 09/07/2021
 Time: 12:00:44
 File Name: OS101.gsz
 Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA_PV3\OS101\Stabilità\REV_Luglio 2021\
 Last Solved Date: 09/07/2021
 Last Solved Time: 12:00:53

Project Settings

Length(L) Units: meters
 Time(t) Units: Seconds
 Force(F) Units: kN
 Pressure(p) Units: kPa
 Strength Units: kPa
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 View: 2D

Analysis Settings

Magra

Kind: SLOPE/W
 Method: Morgenstern-Price
 Settings
 Apply Phreatic Correction: No
 Side Function
 Interslice force function option: Half-Sine
 PWP Conditions Source: Piezometric Line with Ru
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack
 Tension Crack Option: (none)
 FOS Distribution
 FOS Calculation Option: Constant
 Advanced
 Number of Slices: 30
 Optimization Tolerance: 0.01
 Minimum Slip Surface Depth: 2 m
 Optimization Maximum Iterations: 2000
 Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
 Starting Optimization Points: 8
 Ending Optimization Points: 16
 Complete Passes per Insertion: 1
 Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °
 Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Materials

Rilevato

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 32 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: No

Gabbioni

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 16 kN/m³
 Cohesion: 40 kPa
 Phi: 38.7 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: No

Bonifica

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 32 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: No

LSA

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 4 kPa
 Phi: 21.3 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: No

AG

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.5 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Phi: 21.3 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Include in PWP: No

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
 Left-Zone Left Coordinate: (15.66939, 24.286378) m
 Left-Zone Right Coordinate: (27.97235, 24.910706) m
 Left-Zone Increment: 15
 Right Projection: Range
 Right-Zone Left Coordinate: (41.9, 17.562195) m
 Right-Zone Right Coordinate: (49.0637, 17.450843) m
 Right-Zone Increment: 20
 Radius Increments: 10

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (10.58, 24.05) m
 Right Coordinate: (49.065738, 17.450795) m

Piezometric Lines**Piezometric Line 1****Coordinates**

X (m)	Y (m)
0	17.114198
75	17.16

Surcharge Loads**Surcharge Load 1**

Surcharge (Unit Weight): 30 kN/m³
 Direction: Vertical

Coordinates

X (m)	Y (m)
12.99	25.13
26.49	25.92

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	AG	1,2,62,63	424.5
Region 2	Gabbioni	46,45,44,49,48,47	2
Region 3	Gabbioni	49,50,52,51,48	2
Region 4	Gabbioni	52,53,55,54,61,51	1
Region 5	Gabbioni	55,56,57,100,58,54	1
Region 6	Rilevato	59,61,54,58,100	1.2698722
Region 7	Gabbioni	40,39,38,43,42,41	2
Region 8	Gabbioni	39,35,36,37,38	2
Region 9	Gabbioni	35,99,33,31,34,36	1
Region 10	Gabbioni	31,33,32,28,29,30	1
Region 11	Rilevato	27,99,33,32,28	0.6557
Region 12	Gabbioni	42,43,44,45	2.53
Region 13	Gabbioni	25,20,19,22,26,23,24	2
Region 14	Gabbioni	21,16,17,18,19,20	2
Region 15	Gabbioni	15,13,12,14,17,16	2
Region 16	Rilevato	6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,21,20,25,104,95,94,93,92,91,90,89,88,87,86,85,84,83,82,81,80,79,78,77,76,75,74,73,72,71,70,69,68,67,66,65,64	58.97045
Region 17	Bonifica	104,105,103,102,101,23,24,25	5.25
Region 18	Rilevato	26,23,101,98	0.608
Region 19	Rilevato	95,96,105,104	1.47
Region 20	LSA	6,5,4,3,106,2,62,60,59,61,51,48,47,46,45,42,41,40,39,35,99,27,98,101,102,103,105,96,95,94,93,92,91,90,89,88,87,86,85,84,83,82,81,80,79,78,77,76,75,74,73,72,71,70,69,68,67,66,65,64	1001.4234

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	5.66
Point 3	0	20
Point 4	6.53	22.97
Point 5	8.33	23.54
Point 6	10.58	24.05
Point 7	12.49	24.1
Point 8	26.99	24.95
Point 9	28.24	24.9
Point 10	34.99	20.4
Point 11	37.99	20.4
Point 12	38.44	20.1
Point 13	37.9	20.1
Point 14	39.9	20.1
Point 15	37.9	19.1
Point 16	38.9	19.1
Point 17	39.9	19.1

Point 18	40.9	19.1
Point 19	40.9	18.1
Point 20	39.9	18.1
Point 21	38.9	18.1
Point 22	41.9	18.1
Point 23	41.9	17.1
Point 24	40.9	17.1
Point 25	39.9	17.1
Point 26	41.9	17.56
Point 27	49.1	17.45
Point 28	50.26	18.21
Point 29	50.26	18.83
Point 30	51.26	18.83
Point 31	51.26	17.83
Point 32	50.26	17.83
Point 33	50.76	17.83
Point 34	51.76	17.83
Point 35	50.76	16.83
Point 36	51.76	16.83
Point 37	52.76	16.83
Point 38	52.76	15.83
Point 39	50.76	15.83
Point 40	50.76	14.83
Point 41	52.76	14.83
Point 42	52.76	15.2
Point 43	52.76	15.43
Point 44	63.76	15.43
Point 45	63.76	15.2
Point 46	63.76	14.83
Point 47	65.76	14.83
Point 48	65.76	15.83
Point 49	63.76	15.83
Point 50	63.76	16.83
Point 51	65.76	16.83
Point 52	64.76	16.83
Point 53	64.76	17.83
Point 54	65.76	17.83
Point 55	65.26	17.83
Point 56	65.26	18.83
Point 57	66.26	18.83
Point 58	66.26	17.83
Point 59	67.92	17.16
Point 60	75	17.16
Point 61	65.76	17.16
Point 62	75	5.66
Point 63	75	0
Point 64	11.16	23.67
Point 65	12.49	23.72
Point 66	12.49	23.35
Point 67	24.01	24.02
Point 68	24.01	23.52
Point 69	24.76	23.52
Point 70	24.76	23.02
Point 71	25.52	23.02
Point 72	25.52	22.52
Point 73	26.27	22.52
Point 74	26.27	22.02
Point 75	27.02	22.02
Point 76	27.02	21.52
Point 77	27.77	21.52
Point 78	27.77	21.02
Point 79	28.52	21.02
Point 80	28.52	20.52
Point 81	29.27	20.52
Point 82	29.27	20.02
Point 83	30.02	20.02
Point 84	30.02	19.52
Point 85	30.77	19.52
Point 86	30.77	19.02
Point 87	31.52	19.02
Point 88	31.52	18.52
Point 89	32.27	18.52
Point 90	32.27	18.02
Point 91	33.02	18.02
Point 92	33.02	17.52
Point 93	33.77	17.52
Point 94	33.77	17.1
Point 95	34.5	17.1
Point 96	34.5	16.8
Point 97	41.9	16.9
Point 98	43.5	17.58
Point 99	50.76	17.42
Point 100	66.26	18.286352
Point 101	42.9	17.1
Point 102	42.9	15.6
Point 103	39.4	15.6
Point 104	39.4	17.1
Point 105	39.4	16.8
Point 106	0.026149	18.673268

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	2305	1.26	(40.156, 35.756)	20.357	(23.0506, 24.7191)	(49.0637, 17.4508)

Slices of Slip Surface: 2305

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	2305	23.29618	24.35592	-70.879582	21.341205	13.335465	0
2	2305	23.775865	23.6753	-64.202682	31.983461	12.46983	4
3	2305	24.385	22.89787	-56.57473	43.282209	16.875028	4
4	2305	25.14	22.02242	-47.984527	56.274992	21.940703	4

5	2305	25.895	21.238545	-40.292274	68.309771	26.632867	4
6	2305	26.38	20.76905	-35.686486	75.796973	29.552005	4
7	2305	26.74	20.44882	-32.541788	59.342589	23.136708	4
8	2305	27.38	19.91515	-27.305151	67.878677	26.46479	4
9	2305	28.005	19.425735	-22.501043	75.754537	29.53546	4
10	2305	28.38	19.15158	-19.810552	79.045281	30.818467	4
11	2305	28.895	18.80319	-16.390611	80.259353	31.291814	4
12	2305	29.645	18.327915	-11.72574	81.814154	31.898006	4
13	2305	30.395	17.896775	-7.4927751	83.002941	32.361494	4
14	2305	31.145	17.50664	-3.6621326	83.817073	32.678911	4
15	2305	31.726355	17.227585	-0.92197304	84.222338	32.836918	4
16	2305	32.101355	17.061035	0.71362582	84.334131	32.602273	4
17	2305	32.645	16.839465	2.8897221	84.205802	31.703815	4
18	2305	33.395	16.55849	5.6498269	83.578453	30.383102	4
19	2305	34.135	16.31338	8.0581591	82.321958	28.954245	4
20	2305	34.745	16.132775	9.8329752	80.800378	27.669034	4
21	2305	35.475	15.950575	11.624028	84.363997	28.360129	4
22	2305	36.445	15.74598	13.636501	92.788619	30.860121	4
23	2305	37.415	15.59009	15.170774	100.49425	33.266232	4
24	2305	37.945	15.519245	15.868869	100.26205	32.903527	4
25	2305	38.215	15.49277	16.130138	98.842943	32.248375	4
26	2305	38.67	15.454375	16.509508	98.371489	31.916653	4
27	2305	39.15	15.425165	16.798832	96.543792	31.091261	4
28	2305	39.65	15.406565	16.984142	98.751427	31.879732	4
29	2305	40.4	15.406325	16.990777	78.545345	23.999123	4
30	2305	41.4	15.442925	16.637854	61.350153	17.432597	4
31	2305	42.4	15.529	15.800098	52.726628	14.397052	4
32	2305	42.925265	15.58793	15.225297	51.901123	14.299307	4
33	2305	43.225265	15.633295	14.782158	51.054418	14.141963	4
34	2305	43.908565	15.751825	13.624288	48.196806	13.479261	4
35	2305	44.7257	15.92259	11.954142	43.439902	12.275785	4
36	2305	45.542835	16.128845	9.9362031	37.526592	10.757043	4
37	2305	46.359965	16.37172	7.5591113	30.573758	8.9730357	4
38	2305	47.177095	16.652625	4.8091591	22.738029	6.9901741	4
39	2305	47.99423	16.97327	1.6695984	14.194354	4.883198	4
40	2305	48.73325	17.2973	-1.5037912	5.7865566	2.2560841	4

Piena

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Created By: Claudio Gravina
Revision Number: 72
Last Edited By: Francesca Lupino
Date: 09/07/2021
Time: 12:00:44
File Name: OS101.gsz
Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA_PV3\OS101\Stabilità\REV_Luglio 2021\
Last Solved Date: 09/07/2021
Last Solved Time: 12:00:57

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

Piena

Kind: SLOPE/W
Method: Morgenstern-Price
Settings
Apply Phreatic Correction: No
Side Function
Interslice force function option: Half-Sine
PWP Conditions Source: Piezometric Line with Ru
Slip Surface
Direction of movement: Left to Right
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack
Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant
Advanced
Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 2 m
Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Materials

Rilevato

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 32 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

Gabbioni

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Phi: 38.7 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

Bonifica

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 32 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

LSA

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 4 kPa
Phi: 21.3 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

AG

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Phi: 21.3 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Include in PWP: No

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
 Left-Zone Left Coordinate: (15.66939, 24.286378) m
 Left-Zone Right Coordinate: (27.97235, 24.910706) m
 Left-Zone Increment: 15
 Right Projection: Range
 Right-Zone Left Coordinate: (41.9, 17.562195) m
 Right-Zone Right Coordinate: (49.0637, 17.450843) m
 Right-Zone Increment: 20
 Radius Increments: 10

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (10.58, 24.05) m
 Right Coordinate: (49.065738, 17.450795) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

X (m)	Y (m)
0	19.009774
31.52	19.02
37.9	19.348423
75	19.36

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 30 kN/m³
 Direction: Vertical

Coordinates

X (m)	Y (m)
12.99	25.13
26.49	25.92

Regions

Region	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	AG	1,2,62,63	424.5
Region 2	Gabbioni	46,45,44,49,48,47	2
Region 3	Gabbioni	49,50,52,51,48	2
Region 4	Gabbioni	52,53,55,54,61,51	1
Region 5	Gabbioni	55,56,57,100,58,54	1
Region 6	Rilevato	59,61,54,58,100	1.2698722
Region 7	Gabbioni	40,39,38,43,42,41	2
Region 8	Gabbioni	39,35,36,37,38	2
Region 9	Gabbioni	35,99,33,31,34,36	1
Region 10	Gabbioni	31,33,32,28,29,30	1
Region 11	Rilevato	27,99,33,32,28	0.6557
Region 12	Gabbioni	42,43,44,45	2.53
Region 13	Gabbioni	25,20,19,22,26,23,24	2
Region 14	Gabbioni	21,16,17,18,19,20	2
Region 15	Gabbioni	15,13,12,14,17,16	2
Region 16	Rilevato	6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,21,20,25,104,95,94,93,92,91,90,89,88,87,86,85,84,83,82,81,80,79,78,77,76,75,74,73,72,71,70,69,68,67,66,65,64	58.97045
Region 17	Bonifica	104,105,103,102,101,23,24,25	5.25
Region 18	Rilevato	26,23,101,98	0.608
Region 19	Rilevato	95,96,105,104	1.47
Region 20	LSA	6,5,4,3,106,2,62,60,59,61,51,48,47,46,45,42,41,40,39,35,99,27,98,101,102,103,105,96,95,94,93,92,91,90,89,88,87,86,85,84,83,82,81,80,79,78,77,76,75,74,73,72,71,70,69,68,67,66,65,64	1001.4234

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	5.66
Point 3	0	20
Point 4	6.53	22.97
Point 5	8.33	23.54
Point 6	10.58	24.05
Point 7	12.49	24.1
Point 8	26.99	24.95
Point 9	28.24	24.9
Point 10	34.99	20.4
Point 11	37.99	20.4
Point 12	38.44	20.1
Point 13	37.9	20.1
Point 14	39.9	20.1
Point 15	37.9	19.1

Point 16	38.9	19.1
Point 17	39.9	19.1
Point 18	40.9	19.1
Point 19	40.9	18.1
Point 20	39.9	18.1
Point 21	38.9	18.1
Point 22	41.9	18.1
Point 23	41.9	17.1
Point 24	40.9	17.1
Point 25	39.9	17.1
Point 26	41.9	17.56
Point 27	49.1	17.45
Point 28	50.26	18.21
Point 29	50.26	18.83
Point 30	51.26	18.83
Point 31	51.26	17.83
Point 32	50.26	17.83
Point 33	50.76	17.83
Point 34	51.76	17.83
Point 35	50.76	16.83
Point 36	51.76	16.83
Point 37	52.76	16.83
Point 38	52.76	15.83
Point 39	50.76	15.83
Point 40	50.76	14.83
Point 41	52.76	14.83
Point 42	52.76	15.2
Point 43	52.76	15.43
Point 44	63.76	15.43
Point 45	63.76	15.2
Point 46	63.76	14.83
Point 47	65.76	14.83
Point 48	65.76	15.83
Point 49	63.76	15.83
Point 50	63.76	16.83
Point 51	65.76	16.83
Point 52	64.76	16.83
Point 53	64.76	17.83
Point 54	65.76	17.83
Point 55	65.26	17.83
Point 56	65.26	18.83
Point 57	66.26	18.83
Point 58	66.26	17.83
Point 59	67.92	17.16
Point 60	75	17.16
Point 61	65.76	17.16
Point 62	75	5.66
Point 63	75	0
Point 64	11.16	23.67
Point 65	12.49	23.72
Point 66	12.49	23.35
Point 67	24.01	24.02
Point 68	24.01	23.52
Point 69	24.76	23.52
Point 70	24.76	23.02
Point 71	25.52	23.02
Point 72	25.52	22.52
Point 73	26.27	22.52
Point 74	26.27	22.02
Point 75	27.02	22.02
Point 76	27.02	21.52
Point 77	27.77	21.52
Point 78	27.77	21.02
Point 79	28.52	21.02
Point 80	28.52	20.52
Point 81	29.27	20.52
Point 82	29.27	20.02
Point 83	30.02	20.02
Point 84	30.02	19.52
Point 85	30.77	19.52
Point 86	30.77	19.02
Point 87	31.52	19.02
Point 88	31.52	18.52
Point 89	32.27	18.52
Point 90	32.27	18.02
Point 91	33.02	18.02
Point 92	33.02	17.52
Point 93	33.77	17.52
Point 94	33.77	17.1
Point 95	34.5	17.1
Point 96	34.5	16.8
Point 97	41.9	16.9
Point 98	43.5	17.58
Point 99	50.76	17.42
Point 100	66.26	18.286352
Point 101	42.9	17.1
Point 102	42.9	15.6
Point 103	39.4	15.6
Point 104	39.4	17.1
Point 105	39.4	16.8
Point 106	0.026149	18.673268

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	2140	1.14	(37.75, 33.802)	17.279	(23.0506, 24.7191)	(43.6895, 17.5756)

Slices of Slip Surface: 2140

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	2140	23.288145	24.35545	-52.350705	20.080779	12.547863	0
2	2140	23.76783	23.658035	-45.510268	30.433537	11.86554	4

3	2140	24.385	22.86595	-37.739768	41.612029	16.223852	4
4	2140	25.14	22.00159	-29.260513	54.235249	21.14544	4
5	2140	25.895	21.24158	-21.80534	65.985201	25.726555	4
6	2140	26.38	20.79151	-17.389444	73.384981	28.611609	4
7	2140	26.74	20.48863	-14.417988	57.314076	22.345824	4
8	2140	27.38	19.98909	-9.5169851	65.853223	25.675099	4
9	2140	28.005	19.535775	-5.0693429	73.896732	28.811132	4
10	2140	28.38	19.284885	-2.6077	77.363206	30.162653	4
11	2140	28.661805	19.10682	-0.86052589	78.243803	30.505984	4
12	2140	29.036805	18.882925	1.3363789	79.405474	30.437868	4
13	2140	29.645	18.547485	4.6279779	81.074685	29.805325	4
14	2140	30.395	18.17178	8.3148709	82.69147	28.998224	4
15	2140	31.145	17.840145	11.569637	83.727959	28.133354	4
16	2140	31.895	17.54987	14.60636	84.124553	27.104011	4
17	2140	32.645	17.298765	17.448261	83.77662	25.860346	4
18	2140	33.395	17.08507	19.923012	82.565474	24.423275	4
19	2140	34.135	16.909265	22.020587	80.386729	22.756008	4
20	2140	34.58356	16.815575	23.165405	80.651281	35.921162	0
21	2140	34.82856	16.772305	23.71331	77.364432	20.917699	4
22	2140	35.35375	16.69366	24.749466	79.248387	21.248241	4
23	2140	36.08125	16.607405	25.963227	84.328155	22.755535	4
24	2140	36.80875	16.55225	26.87136	88.448472	24.007913	4
25	2140	37.53625	16.5279	27.476934	91.389566	24.918494	4
26	2140	37.945	16.523905	27.700459	88.009952	23.513689	4
27	2140	38.215	16.530465	27.636656	84.986994	22.359962	4
28	2140	38.67	16.548785	27.458823	81.809881	21.190592	4
29	2140	39.15	16.581375	27.140469	76.80663	19.364027	4
30	2140	39.65	16.629355	26.671263	78.896604	32.634016	0
31	2140	40.4	16.734645	25.640798	54.425923	17.986943	0
32	2140	41.4	16.92038	23.822579	39.537486	9.8197638	0
33	2140	42.039535	17.06424	22.41363	31.287651	5.5451041	0
34	2140	42.46925	17.182395	21.256264	28.009073	4.2196233	0
35	2140	43.04961	17.35831	19.532377	23.246973	2.321137	0
36	2140	43.419895	17.479655	18.343988	21.355819	1.174264	4
37	2140	43.594755	17.54154	17.737308	19.763847	0.79011461	4

Svaso

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Created By: Claudio Gravina
 Revision Number: 72
 Last Edited By: Francesca Lupino
 Date: 09/07/2021
 Time: 12:00:44
 File Name: OS101.gsz
 Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA_PV3\OS101\Stabilità\REV_Luglio 2021\
 Last Solved Date: 09/07/2021
 Last Solved Time: 12:01:07

Project Settings

Length(L) Units: meters
 Time(t) Units: Seconds
 Force(F) Units: kN
 Pressure(p) Units: kPa
 Strength Units: kPa
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 View: 2D

Analysis Settings

Svaso

Kind: SLOPE/W
 Method: Morgenstern-Price
 Settings
 Apply Phreatic Correction: No
 Side Function
 Interslice force function option: Half-Sine
 PWP Conditions Source: Piezometric Line with Ru
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack
 Tension Crack Option: (none)
 FOS Distribution
 FOS Calculation Option: Constant
 Advanced
 Number of Slices: 30
 Optimization Tolerance: 0.01
 Minimum Slip Surface Depth: 2 m
 Optimization Maximum Iterations: 2000
 Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
 Starting Optimization Points: 8
 Ending Optimization Points: 16
 Complete Passes per Insertion: 1
 Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °
 Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Materials

Rilevato

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 32 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: No

Gabbioni

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 16 kN/m³
 Cohesion: 40 kPa
 Phi: 38.7 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: No

Bonifica

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 32 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: No

LSA

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 4 kPa
 Phi: 21.3 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Include in PWP: No

AG

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.5 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Phi: 21.3 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Include in PWP: No

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
 Left-Zone Left Coordinate: (15.66939, 24.286378) m
 Left-Zone Right Coordinate: (27.97235, 24.910706) m
 Left-Zone Increment: 15
 Right Projection: Range
 Right-Zone Left Coordinate: (41.9, 17.561399) m
 Right-Zone Right Coordinate: (49.0637, 17.450843) m
 Right-Zone Increment: 20
 Radius Increments: 10

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (10.58, 24.05) m
 Right Coordinate: (49.065744, 17.450795) m

Piezometric Lines**Piezometric Line 1****Coordinates**

X (m)	Y (m)
0	18.580247
32.27	18.52
33.269462	18.759002
34.469736	19.02692
35.412809	19.144805
36.505916	19.144805
37.395405	18.855453
38.091992	18.416067
38.917181	17.708762
39.624486	17.1
75	17.16

Surcharge Loads**Surcharge Load 1**

Surcharge (Unit Weight): 30 kN/m³
 Direction: Vertical

Coordinates

X (m)	Y (m)
12.99	25.13
26.49	25.92

Regions

Region	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	AG	1,2,62,63	424.5
Region 2	Gabbioni	46,45,44,49,48,47	2
Region 3	Gabbioni	49,50,52,51,48	2
Region 4	Gabbioni	52,53,55,54,61,51	1
Region 5	Gabbioni	55,56,57,100,58,54	1
Region 6	Rilevato	59,61,54,58,100	1.2698722
Region 7	Gabbioni	40,39,38,43,42,41	2
Region 8	Gabbioni	39,35,36,37,38	2
Region 9	Gabbioni	35,99,33,31,34,36	1
Region 10	Gabbioni	31,33,32,28,29,30	1
Region 11	Rilevato	27,99,33,32,28	0.6557
Region 12	Gabbioni	42,43,44,45	2.53
Region 13	Gabbioni	25,20,19,22,26,23,24	2
Region 14	Gabbioni	21,16,17,18,19,20	2
Region 15	Gabbioni	15,13,12,14,17,16	2
Region 16	Rilevato	6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,21,20,25,104,95,94,93,92,91,90,89,88,87,86,85,84,83,82,81,80,79,78,77,76,75,74,73,72,71,70,69,68,67,66,65,64	58.97045
Region 17	Bonifica	104,105,103,102,101,23,24,25	5.25
Region 18	Rilevato	26,23,101,98	0.608
Region 19	Rilevato	95,96,105,104	1.47
Region 20	LSA	6,5,4,3,106,2,62,60,59,61,51,48,47,46,45,42,41,40,39,35,99,27,98,101,102,103,105,96,95,94,93,92,91,90,89,88,87,86,85,84,83,82,81,80,79,78,77,76,75,74,73,72,71,70,69,68,67,66,65,64	1001.4234

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	5.66
Point 3	0	20
Point 4	6.53	22.97
Point 5	8.33	23.54
Point 6	10.58	24.05
Point 7	12.49	24.1
Point 8	26.99	24.95

Point 9	28.24	24.9
Point 10	34.99	20.4
Point 11	37.99	20.4
Point 12	38.44	20.1
Point 13	37.9	20.1
Point 14	39.9	20.1
Point 15	37.9	19.1
Point 16	38.9	19.1
Point 17	39.9	19.1
Point 18	40.9	19.1
Point 19	40.9	18.1
Point 20	39.9	18.1
Point 21	38.9	18.1
Point 22	41.9	18.1
Point 23	41.9	17.1
Point 24	40.9	17.1
Point 25	39.9	17.1
Point 26	41.9	17.56
Point 27	49.1	17.45
Point 28	50.26	18.21
Point 29	50.26	18.83
Point 30	51.26	18.83
Point 31	51.26	17.83
Point 32	50.26	17.83
Point 33	50.76	17.83
Point 34	51.76	17.83
Point 35	50.76	16.83
Point 36	51.76	16.83
Point 37	52.76	16.83
Point 38	52.76	15.83
Point 39	50.76	15.83
Point 40	50.76	14.83
Point 41	52.76	14.83
Point 42	52.76	15.2
Point 43	52.76	15.43
Point 44	63.76	15.43
Point 45	63.76	15.2
Point 46	63.76	14.83
Point 47	65.76	14.83
Point 48	65.76	15.83
Point 49	63.76	15.83
Point 50	63.76	16.83
Point 51	65.76	16.83
Point 52	64.76	16.83
Point 53	64.76	17.83
Point 54	65.76	17.83
Point 55	65.26	17.83
Point 56	65.26	18.83
Point 57	66.26	18.83
Point 58	66.26	17.83
Point 59	67.92	17.16
Point 60	75	17.16
Point 61	65.76	17.16
Point 62	75	5.66
Point 63	75	0
Point 64	11.16	23.67
Point 65	12.49	23.72
Point 66	12.49	23.35
Point 67	24.01	24.02
Point 68	24.01	23.52
Point 69	24.76	23.52
Point 70	24.76	23.02
Point 71	25.52	23.02
Point 72	25.52	22.52
Point 73	26.27	22.52
Point 74	26.27	22.02
Point 75	27.02	22.02
Point 76	27.02	21.52
Point 77	27.77	21.52
Point 78	27.77	21.02
Point 79	28.52	21.02
Point 80	28.52	20.52
Point 81	29.27	20.52
Point 82	29.27	20.02
Point 83	30.02	20.02
Point 84	30.02	19.52
Point 85	30.77	19.52
Point 86	30.77	19.02
Point 87	31.52	19.02
Point 88	31.52	18.52
Point 89	32.27	18.52
Point 90	32.27	18.02
Point 91	33.02	18.02
Point 92	33.02	17.52
Point 93	33.77	17.52
Point 94	33.77	17.1
Point 95	34.5	17.1
Point 96	34.5	16.8
Point 97	41.9	16.9
Point 98	43.5	17.58
Point 99	50.76	17.42
Point 100	66.26	18.286352
Point 101	42.9	17.1
Point 102	42.9	15.6
Point 103	39.4	15.6
Point 104	39.4	17.1
Point 105	39.4	16.8
Point 106	0.026149	18.673268

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	2493	1.17	(39.13, 32.151)	16.952	(23.8708, 24.7672)	(47.6307, 17.4841)

Slices of Slip Surface: 2493

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	2493	24.205305	24.143575	-55.002939	20.995727	13.119586	0
2	2493	24.64992	23.3391	-47.121586	33.025486	12.876099	4
3	2493	24.803705	23.0891	-44.672751	33.364827	20.848658	0
4	2493	25.183705	22.532365	-39.219145	44.449153	17.33	4
5	2493	25.895	21.575405	-29.847988	58.5216	22.816618	4
6	2493	26.38	20.98052	-24.022345	67.651111	26.376066	4
7	2493	26.74	20.587085	-20.170017	53.508336	20.862028	4
8	2493	27.38	19.943795	-13.873315	63.495817	24.755984	4
9	2493	28.005	19.363915	-8.198287	72.690675	28.34091	4
10	2493	28.38	19.044615	-5.0736611	76.751068	29.923991	4
11	2493	28.781855	18.7279	-1.97496	78.581029	30.637463	4
12	2493	29.156855	18.443695	0.80530759	80.323509	31.002851	4
13	2493	29.645	18.10807	4.0878859	82.431703	30.544978	4
14	2493	30.395	17.629195	8.7704165	85.185992	29.793188	4
15	2493	31.145	17.203285	12.934039	87.224208	28.964526	4
16	2493	31.895	16.8259	16.620701	88.597922	28.062746	4
17	2493	32.645	16.493525	20.752879	89.330875	26.737443	4
18	2493	33.14473	16.291125	23.910044	89.503741	25.573914	4
19	2493	33.51973	16.15626	26.072729	89.32219	24.659935	4
20	2493	34.11987	15.9602	29.308814	88.618615	23.123925	4
21	2493	34.48487	15.84762	31.197785	88.021131	22.154497	4
22	2493	34.745	15.77769	32.201761	87.385347	21.515181	4
23	2493	35.201405	15.6617	33.898921	88.778178	21.396528	4
24	2493	35.959365	15.507205	35.674103	95.770187	23.430484	4
25	2493	36.95066	15.3454	35.841922	104.66604	26.833402	4
26	2493	37.6477	15.265565	33.646171	110.58047	29.99543	4
27	2493	37.945	15.24026	32.054703	108.67786	29.87412	4
28	2493	38.040995	15.233825	31.523475	108.66587	30.076564	4
29	2493	38.265995	15.221655	29.8656	107.04782	30.092089	4
30	2493	38.67859	15.206415	26.546537	107.3132	31.489607	4
31	2493	39.15859	15.200465	22.561217	105.72477	32.424113	4
32	2493	39.512245	15.2034	19.547258	107.59632	34.328894	4
33	2493	39.762245	15.21107	18.527002	108.56141	35.10295	4
34	2493	40.4	15.253785	18.118905	86.332542	26.595386	4
35	2493	41.4	15.35895	17.104435	66.789549	19.371416	4
36	2493	42.348375	15.51327	15.605974	55.846043	15.688948	4
37	2493	42.848375	15.611605	14.650634	56.636203	26.235496	0
38	2493	43.2	15.69742	13.814636	51.798818	14.809414	4
39	2493	43.931805	15.89921	11.847611	46.416561	13.477871	4
40	2493	44.795415	16.179965	9.1087518	38.313353	11.386398	4
41	2493	45.65903	16.51343	5.8528747	28.773384	8.9363331	4
42	2493	46.522645	16.903075	2.0459245	18.079488	6.2512251	4
43	2493	47.292595	17.29827	-1.8169022	7.4634109	2.9098623	4

Sisma

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Created By: Claudio Gravina
Revision Number: 72
Last Edited By: Francesca Lupino
Date: 09/07/2021
Time: 12:00:44
File Name: OS101.gsz
Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA_PV3\OS101\Stabilità\REV_Luglio 2021\
Last Solved Date: 09/07/2021
Last Solved Time: 12:01:02

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

Sisma

Kind: SLOPE/W
Method: Morgenstern-Price
Settings
Apply Phreatic Correction: No
Side Function
Interslice force function option: Half-Sine
PWP Conditions Source: Piezometric Line with Ru
Slip Surface
Direction of movement: Left to Right
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack
Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant
Advanced
Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 2 m
Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Materials

Rilevato_sisma

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 38 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

Gabbioni_sisma

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 50 kPa
Phi: 45 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

Bonifica_sisma

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 38 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

AG_sisma

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Phi: 26 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

LSA_sisma

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Phi: 25 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1
Include in PWP: No

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
 Left-Zone Left Coordinate: (13.33073, 24.149284) m
 Left-Zone Right Coordinate: (27.71844, 24.920862) m
 Left-Zone Increment: 15
 Right Projection: Range
 Right-Zone Left Coordinate: (41.9, 17.561112) m
 Right-Zone Right Coordinate: (49.00149, 17.452287) m
 Right-Zone Increment: 20
 Radius Increments: 10

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (10.58, 24.05) m
 Right Coordinate: (49.253203, 17.550374) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

X (m)	Y (m)
0	17.114198
75	17.16

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
 Direction: Vertical

Coordinates

X (m)	Y (m)
12.99	25.13
26.49	25.92

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.091
 Vert Seismic Load: -0.045
 Ignore seismic load in strength: No

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	AG_sisma	1,2,62,63	424.5
Region 2	Gabbioni_sisma	46,45,44,49,48,47	2
Region 3	Gabbioni_sisma	49,50,52,51,48	2
Region 4	Gabbioni_sisma	52,53,55,54,61,51	1
Region 5	Gabbioni_sisma	55,56,57,100,58,54	1
Region 6	Rilevato_sisma	59,61,54,58,100	1.2698722
Region 7	Gabbioni_sisma	40,39,38,43,42,41	2
Region 8	Gabbioni_sisma	39,35,36,37,38	2
Region 9	Gabbioni_sisma	35,99,33,31,34,36	1
Region 10	Gabbioni_sisma	31,33,32,28,29,30	1
Region 11	Rilevato_sisma	27,99,33,32,28	0.6557
Region 12	Gabbioni_sisma	42,43,44,45	2.53
Region 13	Gabbioni_sisma	25,20,19,22,26,23,24	2
Region 14	Gabbioni_sisma	21,16,17,18,19,20	2
Region 15	Gabbioni_sisma	15,13,12,14,17,16	2
Region 16	Rilevato_sisma	6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,21,20,25,104,95,94,93,92,91,90,89,88,87,86,85,84,83,82,81,80,79,78,77,76,75,74,73,72,71,70,69,68,67,66,65,64	58.97045
Region 17	Bonifica_sisma	104,105,103,102,101,23,24,25	5.25
Region 18	Rilevato_sisma	26,23,101,98	0.608
Region 19	Rilevato_sisma	95,96,105,104	1.47
Region 20	LSA_sisma	6,5,4,3,106,2,62,60,59,61,51,48,47,46,45,42,41,40,39,35,99,27,98,101,102,103,105,96,95,94,93,92,91,90,89,88,87,86,85,84,83,82,81,80,79,78,77,76,75,74,73,72,71,70,69,68,67,66,65,64	1001.4234

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	0	5.66
Point 3	0	20
Point 4	6.53	22.97
Point 5	8.33	23.54
Point 6	10.58	24.05
Point 7	12.49	24.1
Point 8	26.99	24.95
Point 9	28.24	24.9
Point 10	34.99	20.4
Point 11	37.99	20.4
Point 12	38.44	20.1
Point 13	37.9	20.1
Point 14	39.9	20.1
Point 15	37.9	19.1
Point 16	38.9	19.1
Point 17	39.9	19.1

Point 18	40.9	19.1
Point 19	40.9	18.1
Point 20	39.9	18.1
Point 21	38.9	18.1
Point 22	41.9	18.1
Point 23	41.9	17.1
Point 24	40.9	17.1
Point 25	39.9	17.1
Point 26	41.9	17.56
Point 27	49.1	17.45
Point 28	50.26	18.21
Point 29	50.26	18.83
Point 30	51.26	18.83
Point 31	51.26	17.83
Point 32	50.26	17.83
Point 33	50.76	17.83
Point 34	51.76	17.83
Point 35	50.76	16.83
Point 36	51.76	16.83
Point 37	52.76	16.83
Point 38	52.76	15.83
Point 39	50.76	15.83
Point 40	50.76	14.83
Point 41	52.76	14.83
Point 42	52.76	15.2
Point 43	52.76	15.43
Point 44	63.76	15.43
Point 45	63.76	15.2
Point 46	63.76	14.83
Point 47	65.76	14.83
Point 48	65.76	15.83
Point 49	63.76	15.83
Point 50	63.76	16.83
Point 51	65.76	16.83
Point 52	64.76	16.83
Point 53	64.76	17.83
Point 54	65.76	17.83
Point 55	65.26	17.83
Point 56	65.26	18.83
Point 57	66.26	18.83
Point 58	66.26	17.83
Point 59	67.92	17.16
Point 60	75	17.16
Point 61	65.76	17.16
Point 62	75	5.66
Point 63	75	0
Point 64	11.16	23.67
Point 65	12.49	23.72
Point 66	12.49	23.35
Point 67	24.01	24.02
Point 68	24.01	23.52
Point 69	24.76	23.52
Point 70	24.76	23.02
Point 71	25.52	23.02
Point 72	25.52	22.52
Point 73	26.27	22.52
Point 74	26.27	22.02
Point 75	27.02	22.02
Point 76	27.02	21.52
Point 77	27.77	21.52
Point 78	27.77	21.02
Point 79	28.52	21.02
Point 80	28.52	20.52
Point 81	29.27	20.52
Point 82	29.27	20.02
Point 83	30.02	20.02
Point 84	30.02	19.52
Point 85	30.77	19.52
Point 86	30.77	19.02
Point 87	31.52	19.02
Point 88	31.52	18.52
Point 89	32.27	18.52
Point 90	32.27	18.02
Point 91	33.02	18.02
Point 92	33.02	17.52
Point 93	33.77	17.52
Point 94	33.77	17.1
Point 95	34.5	17.1
Point 96	34.5	16.8
Point 97	41.9	16.9
Point 98	43.5	17.58
Point 99	50.76	17.42
Point 100	66.26	18.286352
Point 101	42.9	17.1
Point 102	42.9	15.6
Point 103	39.4	15.6
Point 104	39.4	17.1
Point 105	39.4	16.8
Point 106	0.026149	18.673268

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	2536	1.24	(40.05, 35.771)	20.388	(22.9221, 24.7115)	(49.0015, 17.4523)

Slices of Slip Surface: 2536

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	2536	23.16776	24.34842	-70.807461	13.904658	10.863509	0
2	2536	23.711715	23.585345	-63.320347	23.517898	10.966576	5
3	2536	24.385	22.73474	-54.974286	34.869897	16.2601	5
4	2536	25.14	21.8763	-46.550993	46.559963	21.711267	5
5	2536	25.895	21.106515	-38.997418	57.391973	26.762317	5
6	2536	26.38	20.645105	-34.470886	64.129607	29.904127	5
7	2536	26.74	20.330175	-31.378231	54.903572	25.601956	5

8	2536	27.38	19.80515	-26.226545	62.540609	29.163165	5
9	2536	28.005	19.32353	-21.499636	69.615907	32.462431	5
10	2536	28.38	19.053685	-18.850465	72.5777	33.843537	5
11	2536	28.895	18.710735	-15.484672	73.677174	34.356231	5
12	2536	29.645	18.2429	-10.891593	75.13373	35.035434	5
13	2536	30.395	17.818585	-6.7259411	76.321195	35.589158	5
14	2536	31.145	17.43476	-2.9572574	77.238665	36.016981	5
15	2536	31.651635	17.19312	-0.58441035	77.74717	36.254101	5
16	2536	32.026635	17.029415	1.0232792	77.978788	35.884943	5
17	2536	32.645	16.778995	3.4828537	78.096817	34.793062	5
18	2536	33.395	16.503235	6.1916828	77.808772	33.395597	5
19	2536	34.135	16.26302	8.5518993	76.973124	31.905341	5
20	2536	34.745	16.086305	10.288564	75.85631	30.574742	5
21	2536	35.475	15.908545	12.036318	79.582754	31.497421	5
22	2536	36.445	15.709655	13.992313	88.113017	34.563052	5
23	2536	37.415	15.55925	15.47314	96.122382	37.607359	5
24	2536	37.945	15.49134	16.142127	96.330015	37.392226	5
25	2536	38.215	15.46633	16.389619	95.198511	36.74919	5
26	2536	38.67	15.43038	16.744744	95.109488	36.54208	5
27	2536	39.15	15.40372	17.009185	93.728446	35.774779	5
28	2536	39.65	15.38776	17.168686	96.225428	36.864764	5
29	2536	40.4	15.391425	17.137481	77.198652	28.006984	5
30	2536	41.4	15.43318	16.733204	60.95496	20.620944	5
31	2536	42.4	15.524385	15.845644	52.814509	17.238865	5
32	2536	42.925265	15.58601	15.243951	52.099628	17.186085	5
33	2536	43.225265	15.632925	14.785734	51.300453	17.027093	5
34	2536	43.903355	15.75388	13.604021	48.547707	16.294508	5
35	2536	44.71007	15.926235	11.918121	43.890448	14.908941	5
36	2536	45.516785	16.13323	9.8929393	38.042234	13.126232	5
37	2536	46.323495	16.375975	7.5171476	31.137161	11.014193	5
38	2536	47.130205	16.65584	4.7774553	23.351979	8.6614427	5
39	2536	47.93692	16.97448	1.6573187	14.88032	6.1659866	5
40	2536	48.670885	17.298005	-1.5110876	6.4463114	3.0059644	5