



# 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 i 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:

### IDROLOGIA E IDRAULICA - OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE Inalveazione IN08 E

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

| Codice elaborato: | OPERA | ARGOMENTO | DOC. E PROG. | FASE | REVISIONE |
|-------------------|-------|-----------|--------------|------|-----------|
| PA17/08           | P V   | I D       | R T 2 4      | 6    | 0         |

| CARTELLA: | FILE NAME:       | NOTE: | PROT.       | SCALA:                             |           |
|-----------|------------------|-------|-------------|------------------------------------|-----------|
|           | PVIDRT24_60_4137 | 1=1   | 4 1 3 7     |                                    |           |
| 5         |                  |       |             |                                    |           |
| 4         |                  |       |             |                                    |           |
| 3         |                  |       |             |                                    |           |
| 2         |                  |       |             |                                    |           |
| 1         |                  |       |             |                                    |           |
| 0         | PRIMA EMISSIONE  |       | Maggio 2021 | Q. Napoleoni S. Fortino N. Behmann |           |
| 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

**FACTORY OF ARCHITECTURE CIVIL ENGINEERING**

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 Coordinatore per la  
 Esecuzione dei Lavori  
 arch. Francesco Rondelli



Il Direttore dei Lavori:  
 Ing. Sandro Favero

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 .....   | 2  |
| 2      | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....                                 | 3  |
| 3      | DESCRIZIONE DELL'OPERA.....                                    | 3  |
| 4      | CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....                       | 5  |
| 4.1    | PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA .....              | 5  |
| 4.2    | AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....                             | 5  |
| 5      | INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED I DROGEOLOGICO ..... | 6  |
| 5.1    | INDAGINI GEOGNOSTICHE.....                                     | 6  |
| 5.2    | INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED I DROGEOLOGICO ..... | 7  |
| 6      | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....                              | 8  |
| 6.1    | MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO .....                        | 8  |
| 7      | DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO .....                    | 9  |
| 7.1    | APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI .....         | 9  |
| 7.1.1  | Determinazione del parametro CN.....                           | 14 |
| 7.1.2  | Calcolo del coefficiente di deflusso .....                     | 17 |
| 7.1.3  | Calcolo della portata di progetto.....                         | 18 |
| 8      | SOFTWARE UTILIZZATI PER LA MODELLAZIONE .....                  | 19 |
| 8.1    | METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE GEOSLOPE.....                  | 19 |
| 8.2    | METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE MACRA.....                     | 21 |
| 9      | RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE .....                     | 32 |
| 10     | VERIFICHE DI STABILITA' DELL' OPERA.....                       | 33 |
| 10.1.1 | APPROCCIO NORMATIVO.....                                       | 33 |
| 10.2   | AZIONI DI CALCOLO.....   | 35 |
| 10.2.1 | RISULTATI DI CALCOLO.....                                      | 35 |
| 11     | CONCLUSIONI.....   | 40 |
|        | ALLEGATO 1- OUPUT DI CALCOLO MACRA                             |    |
|        | ALLEGATO 2- OUPUT DI CALCOLO SLOPE/W                           |    |

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione idraulica e di calcolo relativa all'inalveazione IN08E, posta a valle del tombino TP5, ubicato alla progressiva pk. 1+855.

A seguito degli eventi alluvionali del Novembre 2018, l'area sede dell'inalveazione è stata sede di fenomeni di dissesto che hanno portato all'occlusione dello sbocco del tombino TP5 con conseguente impossibilità di deflusso delle acque a valle dello stesso.

L'intervento di progetto prevede pertanto la riprofilatura delle scarpate a valle del tombino ed il rivestimento dell'inalveazione IN08E con gabbioni e materassi tipo Reno per un'estensione lineare di circa 50 m.

La metodologia di dimensionamento e verifica degli interventi ha compreso:

- Dimensionamento idraulico della sezione di deflusso dell'inalveazione IN08E;
- Verifiche di stabilità globale e locali delle scarpate di progetto.

Le verifiche proposte sono riferite alla portata avente tempo di ritorno pari a 100 anni, in accordo con quanto previsto nel CSA e dal Genio Civile di Palermo.

Le verifiche di carattere geotecnico per la stabilità dei versanti sono state condotte con l'ausilio del codice di calcolo Slope/W, mentre per quanto concerne le verifiche delle inalveazioni, è stato utilizzato il codice di calcolo Macra Studio sviluppato da Officine Maccaferri S.p.a..



Figura 1 Danneggiamenti a valle del TP5 a seguito degli eventi alluvionali 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 DESCRIZIONE DELL’OPERA

Come già accennato in premessa, l’opera di progetto prevede la riprofilatura delle scarpate per la riapertura del canale di valle.

Le scarpate di progetto avranno le seguenti caratteristiche:

- Pendenza: 33°
- Altezza massima di scavo senza banche intermedie: 4 m
- Larghezza banche intermedie: 2m

In corrispondenza dell’alveo, è inoltre previsto un rivestimento mediante gabbioni e materassi tipo Reno al fine di evitare futuri fenomeni di scalzamento al piede ed erosione delle sponde ad opera delle correnti di piena.

Di seguito si mostrano alcuni stralci esemplificativi dell’opera di progetto.

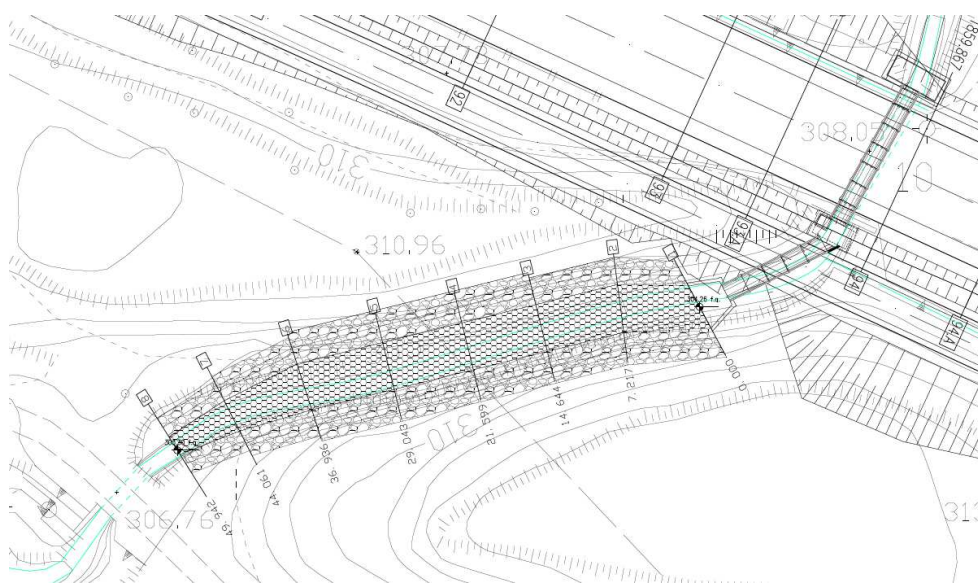


Figura 2 – Stralcio planimetrico IN08E

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

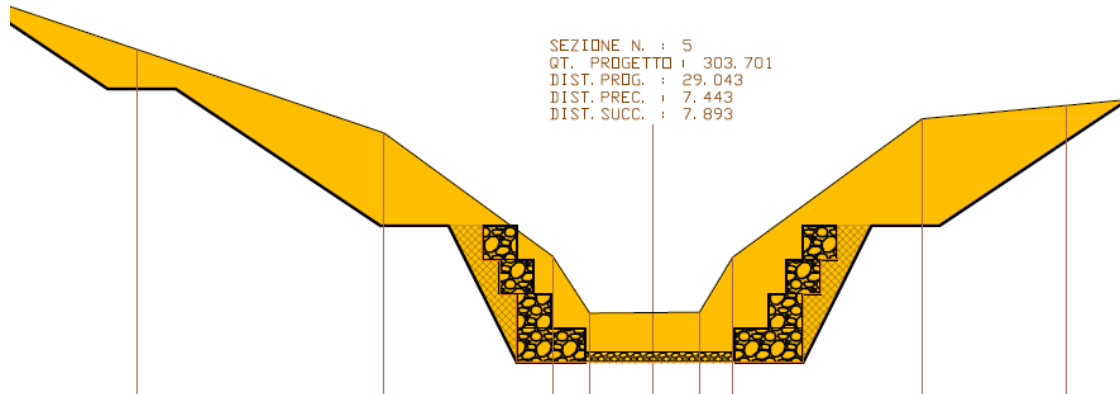


Figura 3 – Sezione tipologica sistemazione IN08E

## 4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

### 4.1 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

### 4.2 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:  $13^\circ.48874$   
Latitudine:  $37^\circ.95316$

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: B
- coefficiente topografico: T1
- fattore di sito:  $S = 1.200$
- accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido:  $a_g = 0.204g$
- massima accelerazione su sottosuolo tipo B:  $a_{max} = 0.245 g$
- coefficiente sismico orizzontale:  $kh = 0.093$
- coefficiente sismico verticale:  $kv = \pm 0.047$

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

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED I DROGEOLOGICO

### 5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

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

| TP 05-IN08 |     |    |
|------------|-----|----|
| INDAGINI   | Pz2 | S5 |

Tabella 1- INDAGINI IN CORRISPONDENZA DELL’OPERA

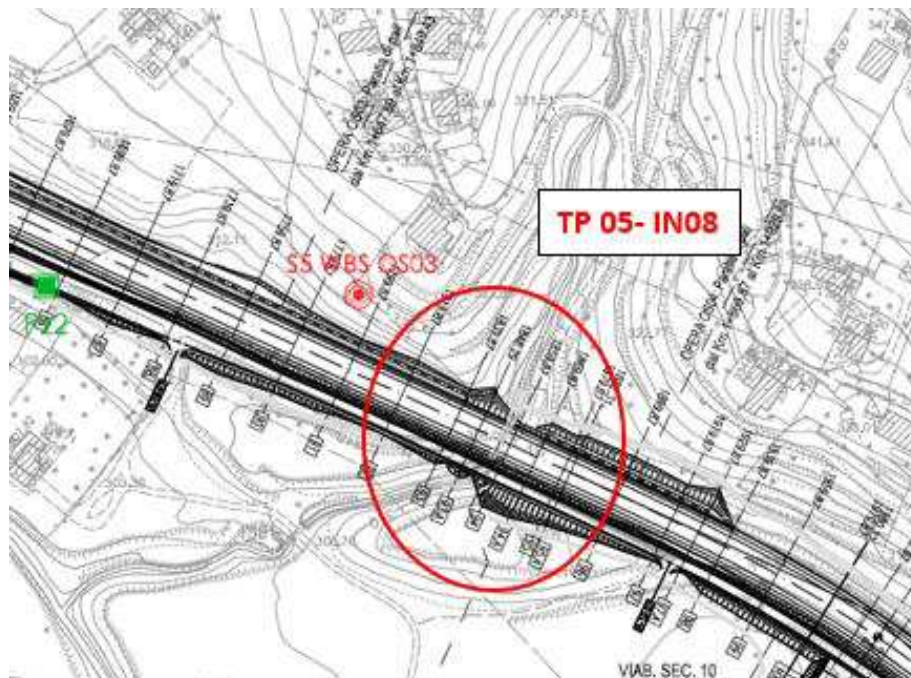


Figura 4- UBICAZIONE INDAGINI DI RIFERIMENTO

In totale sono stati eseguiti:

- n.1 pozzetto esplorativo
- n.1 sondaggio a carotaggio continuo

In aggiunta a quanto sopra riportato è stata eseguita una campagna di indagini sismiche a rifrazione nel Novembre 2020, al fine di integrare i sondaggi geognostici nella definizione degli spessori delle diverse unità litologiche/litotecniche. Per l’ubicazione dei sondaggi e l’interpretazione dei risultati si rimanda alla Relazione Geologica Generale ed al documento “Indagini di sismica a rifrazione integrative aree OS01, OS03, OS04, OS05”.

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

## 5.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

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 (OS04)              |                         |            |
|--------------------------|-------------------------|------------|
| Profondità<br>m. da p.c. | Litologia               | Formazione |
| 0.0-.2.0                 | Detrito                 | DT         |
| 2.0-11.5                 | Limi sabbiosi argillosi | LSA        |
| >11.5                    | Argille limose grigie   | AG         |

Tabella 2- CARATTERISTICHE LITOLOGICHE



## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Come riportato nella Relazione Geotecnica Generale, sulla base del modello geologico e geotecnico di riferimento le unità stratigrafiche, presenti in prossimità dell'opera di riferimento, sono le seguenti:

- **Unità DT:** detrito limoso argilloso. Si tratta di limi argillosi sabbiosi con inclusi elementi lapidei derivanti dall'alterazione e disgregazione della porzione più superficiale dei terreni di base;
- **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.

La stratigrafia di progetto è stata determinata a seguito dell'interpretazione puntuale dei sondaggi geognostici e delle indagini sismiche a rifrazione descritti nei precedenti paragrafi, coerentemente al modello geologico di progetto, e viene di seguito sinteticamente riportata unitamente ai parametri geotecnici dei terreni interessati:

| OS04       |                     |          |      |            |       |      |
|------------|---------------------|----------|------|------------|-------|------|
| Profondità | Unità stratigrafica | $\gamma$ | $c'$ | $\varphi'$ | $c_u$ | $E'$ |
| m          | -                   | kN/mc    | kPa  | deg        | kPa   | MPa  |
| 2.0        | DT                  | 20       | 5    | 28         | -     | 20   |
| inf        | LSA                 | 20       | 15   | 25         | -     | -    |

Tabella 3- PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Ai fini dell'opera in esame, data l'estensione superficiale del volume significativo, la modellazione non ha tenuto conto della presenza del substrato di argille limose.

## 7 DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

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

### 7.1 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.

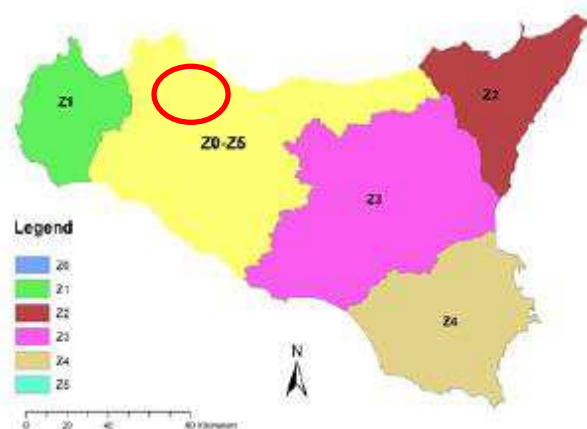


Figura 5 Sottozone pluviometricamente omogenee regione Sicilia. Cerchiata in rosso l'area di interesse.

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 d ritorno;

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

| Sottozona<br>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 6 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 ( $\mu$ ) 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  $T$ ;

$\mu(t)$ : 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 **Marineo**.

L'espressione analitica della legge di probabilità pluviometrica, per il tempo di ritorno pari a 100 anni assume quindi la seguente forma:

$$h(t, T = 100) = 70.61 * t^{0.2979}$$

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica 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 Camastra | 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

INO8E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica 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 7: 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:

$\psi$ : 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 0.75 km<sup>2</sup>, 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:

$$t_c = 0.3 [h]$$

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 il “Bacino idrografico del fiume Milicia (n.0.34)”* “Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia e il bacino del fiume San Leonardo (n.0.35)” “Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia ed il bacino del fiume Eleuterio (n.0.36)” “Bacino idrografico del fiume San Leonardo (PA)” (2004 e successivi aggiornamenti). La metodologia completa viene illustrata nel seguente paragrafo.

### 7.1.1 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<sub>a</sub>: 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<sub>a</sub> 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 in 4 gruppi (A,B,C,D) come indicato nella tabella che segue.

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

| 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 2: Metodo SCS-CN Classi di suolo

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

| 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 3: 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 4: Definizione della classe di umidità in base all'indice API<sub>s</sub>

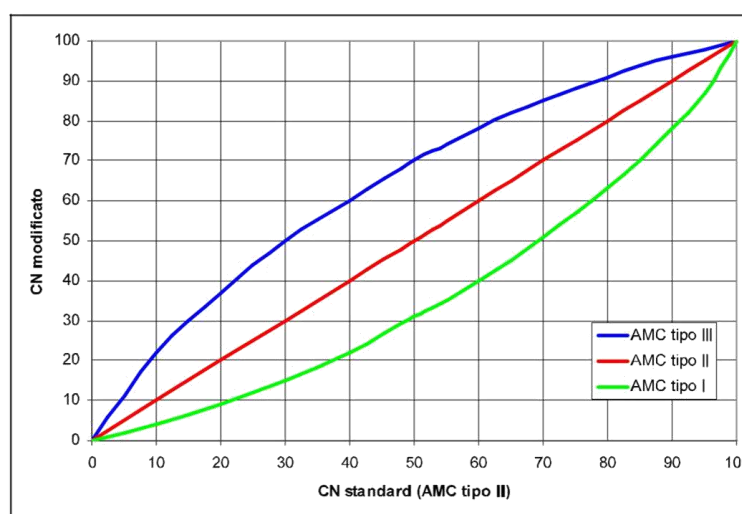


Figura 8: Curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni iniziali

Secondo la metodologia sopra descritta, considerando le caratteristiche geologiche del bacino idrografico oggetto del presente studio (vedasi relazione Geologica Generale allegata al presente progetto), considerando una condizione di imbibimento del terreno media (classe AMC II) si è attribuito un valore di CN pari a 85.

I passaggi principali che hanno condotto all'attribuzione di tale valore del CN vengono di seguito riassunti:

- Superfici con terreni impermeabili pari al 70% —> **GRUPPO D**
- Tipologia di uso del suolo: Terreno coltivato in assenza di pratiche per la conservazione di suolo/Terreno a pascolo/ Spazi aperti —> **CN= 85**
- Classe **AMC** pari a **II** (media)
- $CN_{\text{modificato}} = \mathbf{85}$

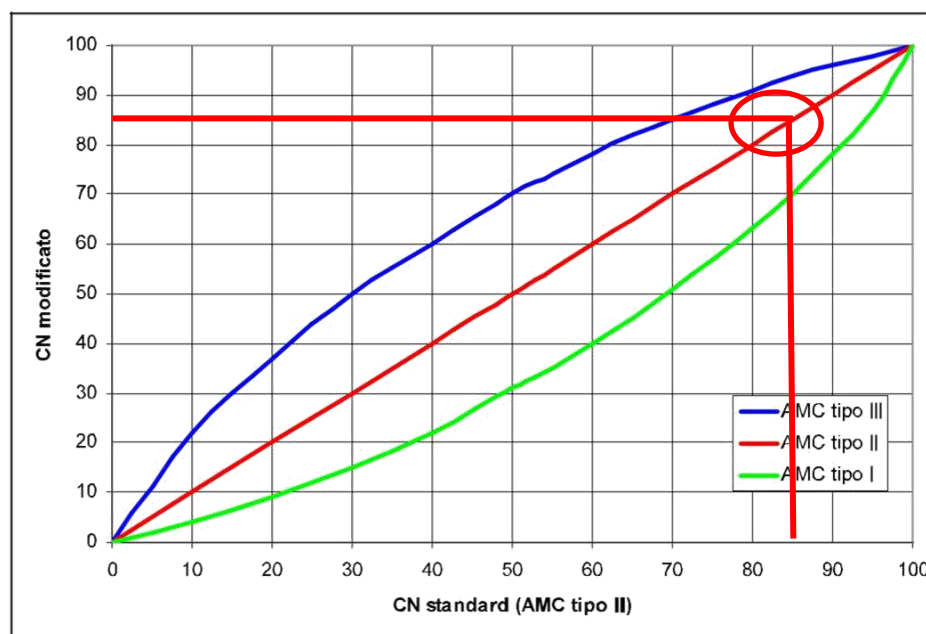


Figura 9: Procedura grafica per la stima di CN

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.

### 7.1.2 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 100 anni, per il bacino in esame risulta pertanto:

$$h(t_c, T = 100) = 70.6 * 0.3^{0.2979} = 49.5 [mm]$$

Utilizzando le relazioni (1), (2), (3) del paragrafo 4.1.1, si ottengono pertanto i seguenti valori:

- $S = 254 \left( \frac{100}{85} - 1 \right) = 44.8 [mm]$
- $I_a = 0.2 * 44.8 = 9$
- $P_{net} = \frac{(49.5-9)^2}{49.5-9+44.8} = 19.2 [mm]$

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:

$$\psi = \frac{P_{net}}{P} = 0.38$$

Coerentemente alla metodologia già descritta nella Relazione Idrologica e Studio Idraulico generale, poiché il valore del coefficiente di deflusso calcolato è risultato essere inferiore a 0.4, ai fini del calcolo della portata di progetto verrà cautelativamente utilizzato il valore di  $\psi = 0.4$ .

### 7.1.3 Calcolo della portata di progetto

La portata di progetto con tempo di ritorno pari a 100 anni è quindi stata calcolata sulla base delle metodologie e dei risultati illustrati nei precedenti paragrafi. Applicando pertanto la formula razionale, utilizzando il coefficiente di deflusso prima definito, si ottiene per il bacino in esame:

$$Q = 13.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 8 SOFTWARE UTILIZZATI PER LA MODELLAZIONE

---

I software utilizzati per i calcoli delle opere in esame sono di seguito indicati:

- **Geoslope** – Geostudio, per le verifiche geotecniche di stabilità locale e globale dell'opera;
- **MACRA** – Maccaferri, per la verifica idraulica delle inalveazioni.

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.

### 8.1 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]

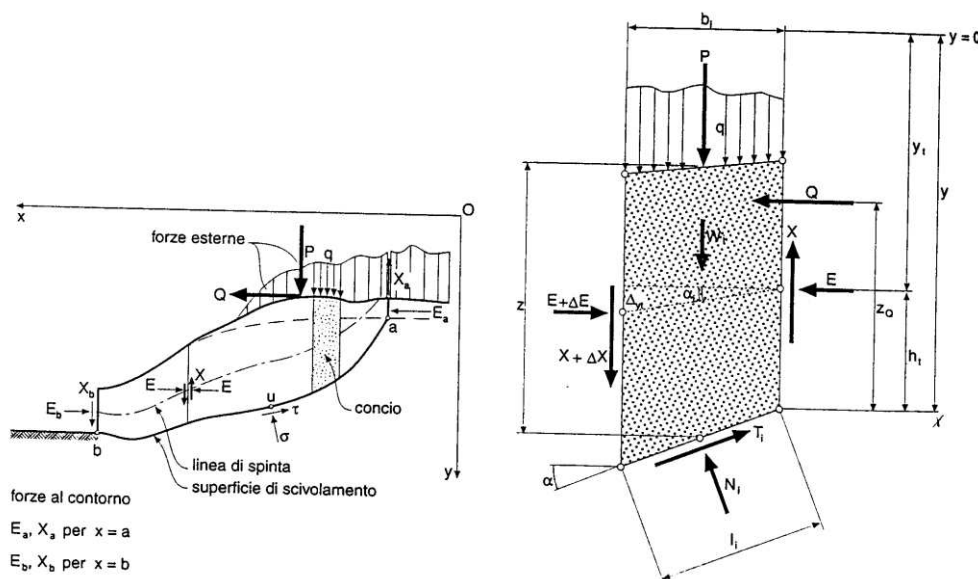


Figura 10 METODO DELLE STRISCE

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].

## 8.2 METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE MACRA

La verifica delle protezioni spondali dei corsi d'acqua è stata effettuata attraverso il programma MACRA 1/Protezioni spondali della Maccaferri S.p.a.

Il software permette infatti di eseguire l'analisi simulando diverse condizioni dei corsi d'acqua, come di seguito illustrato.

- Corrente a superficie libera, dovuta all'azione della gravità;



Figura 11: Analisi con corrente a pelo libero

- Flusso stazionario, quando la velocità rimane costante nel tempo in ogni sezione;

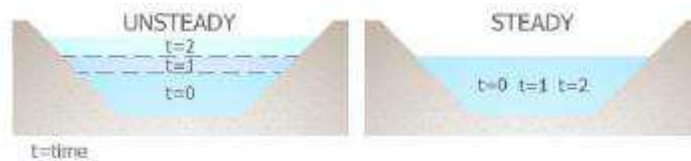


Figura 12: Confronto tra modello in condizioni non stazionarie e stazionarie

- Moto uniforme, nel quale il livello idrico rimane costante in ogni sezione del corso d'acqua;



Figura 13: Confronto tra modello in moto vario e uniforme

- Flusso turbolento, all'interno del quale le particelle si muovono in traiettorie caotiche;



Figura 14: Confronto tra flusso laminare e flusso turbolento

- Flusso turbolento su superficie scabra, quando la scabrezza del fondo supera lo strato della corrente in condizioni laminari;



Figura 15: Confronto fra superficie liscia e scabra

Il software MACRA 1 quindi, utilizza la formula di Manning per definire la velocità media di moto uniforme:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

dove:

V = velocità media [m/s]

n = coefficiente di scabrezza

R = raggio idraulico

S = pendenza longitudinale [m/m]

In ciascuna condizione di flusso, la portata può essere espressa come:

$$Q = V \cdot A$$

dove A è l'area trasversale della sezione considerata. Se il flusso è stazionario ed uniforme, significa che in differenti sezioni del corso d'acqua la portata può essere espressa come:

$$Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 = \dots = V_x \cdot A_x$$

Per quanto detto in precedenza, combinando le due equazioni, è possibile definire la portata come:

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Il coefficiente di scabrezza n è un parametro funzione del tipo di materiale considerato. Quando il contorno bagnato della sezione è formato da più materiali, la scabrezza equivalente è determinata come stabilito da Horton e Einstein (Chow, 1959):

$$n_{equivalente} = \left[ \frac{\sum_1^N (P_N \cdot n_N^{1,5})}{P} \right]^{\frac{2}{3}}$$

dove:

P<sub>N</sub> = lunghezza del sottosettore [m]

n<sub>N</sub> = coefficiente di scabrezza del sottosettore



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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

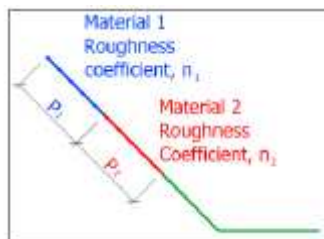


Figura 16: Calcolo della scabrezza equivalente

Alcuni valori del coefficiente di scabrezza sono stati tabellati ed integrati nel software a seconda del tipo di materiale presente.

| Material                          | Allowable shear |           |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
|                                   | Unvegetated     | Vegetated |
| Fine sand                         | 0.0200          | ~         |
| Sand and gravel                   | 0.0200          | ~         |
| Coarse gravel                     | 0.0250          | ~         |
| Cobbles and shingles              | 0.0350          | ~         |
| Stiff Clay (cohesive)             | 0.0250          | ~         |
| Shales (cohesive)                 | 0.0250          | ~         |
| Silts w/cobbles (cohesive)        | 0.0300          | ~         |
| Grass mats                        | 0.0400          | 0.0800    |
| Cutting Shrubs                    | 0.0400          | 0.1200    |
| Brush mats w/willow               | 0.0400          | 0.1500    |
| Riparian wattles                  | 0.0400          | 0.1100    |
| Willow protections                | 0.0400          | 0.1400    |
| GabionMats 0.30m - d50 = 15 cm    | 0.0301          | 0.1000    |
| Gabions 0.50m - d50 = 21 cm       | 0.0301          | 0.1000    |
| Gabions 1.00m - d50 = 21 cm       | 0.0301          | 0.1000    |
| Reno mattress 0.17m - d50 = 10 cm | 0.0277          | 0.1200    |
| Reno mattress 0.23m - d50 = 12 cm | 0.0277          | 0.1200    |
| Reno mattress 0.30m - d50 = 15 cm | 0.0277          | 0.1200    |
| Macmat R1 6822                    | 0.0303          | 0.1000    |
| Macmat R1 8127                    | 0.0303          | 0.1000    |
| Riprap/Rock Wall                  | 0.0400          | 0.1000    |
| Articulated blocks                | 0.0200          | 0.0800    |

Tabella 5: Alcuni valori del coefficiente di scabrezza

Per sezioni irregolari, è noto dall’esperienza che il flusso ha un comportamento diverso tra l’alveo principale e le sponde laterali. Perciò, la portata in ciascun settore è calcolata separatamente dalle altre e successivamente viene fatta la somma di tutte le portate.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

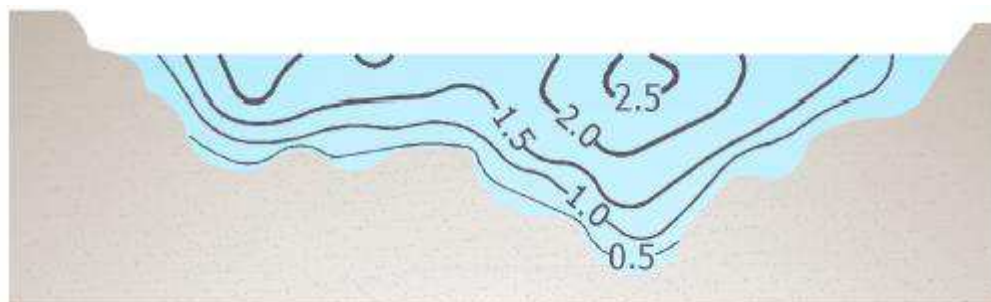


Figura 17: Distribuzione delle curve ad uguale velocità in una sezione irregolare



Figura 18: Suddivisione delle portate in una sezione tipo

Per ottenere la velocità media finale è necessario effettuare il rapporto tra la portata totale e l'area trasversale della sezione:

$$V = \frac{Q_T}{A}$$

La velocità così calcolata deve essere confrontata con la velocità ammissibile del materiale di rivestimento impiegato. Alcuni valori della velocità ammissibile possono essere ricavati dalle tabelle e dal grafico seguenti.

| Material                   | Allowable velocity [m/s] |
|----------------------------|--------------------------|
| Fine sand                  | 0.76                     |
| Sand and gravel            | 1.50                     |
| Coarse gravel              | 1.82                     |
| Cobbles and shingles       | 1.67                     |
| Stiff Clay (cohesive)      | 1.52                     |
| Shales (cohesive)          | 1.80                     |
| Silts w/cobbles (cohesive) | 1.67                     |

Tabella 6: Velocità ammissibile di alcuni tipi di terreno (ripreso da Chow, 1959)

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

INO8E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

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

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

Tabella 7: Velocità ammissibile per soluzioni MACCAFERRI

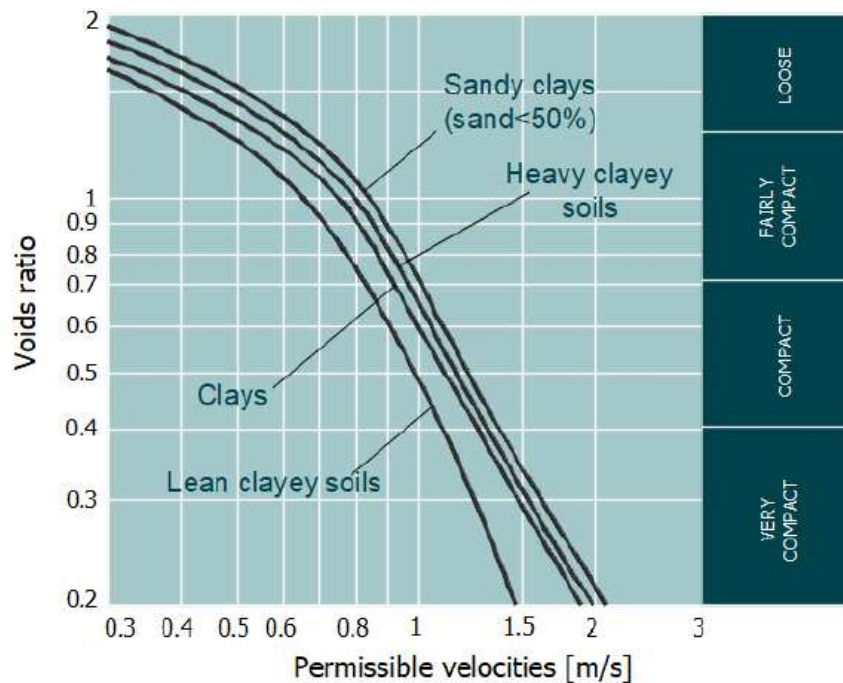


Figura 19: Velocità ammissibili per terreni coesivi (ripreso da Chow, 1959)

Allo scopo di determinare la velocità ammissibile per terreni granulari, può essere utilizzata la seguente equazione (Chen et al., 1984):

$$Va = 1,67 \cdot d_m^{0,5}$$

dove:

$Va$  = velocità ammissibile [m/s]

$d_m$  = diametro medio del materiale [mm]

Per i gabbioni e i sistemi riprap, deve essere calcolata la velocità del flusso residuale che passa tra il rivestimento e raggiunge il terreno. Questa velocità può essere stimata a partire dalla formula di Manning (Chen et al., 1984):

$$V_b = \frac{1}{n_f} \cdot \left(\frac{d_m}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

dove:

$V_b$  = velocità residua [m/s]

$n_f$  = coefficiente di scabrezza medio (al di sotto del rivestimento)

$d_m$  = diametro medio del riempimento [m]

$S$  = pendenza longitudinale [m/m]

In presenza di geotessile, il valore del parametro  $V_b$  è diviso per tre per stimare la velocità in prossimità del geotessile e del terreno di interfaccia (da Chen et al., 1984).

La velocità residua deve essere inferiore a quella ammissibile del terreno, i cui valori sono stati mostrati in precedenza.

Oltre alla determinazione della velocità, è necessario definire lo sforzo di taglio in ogni sezione. Infatti, il flusso esercita una forza che agisce sul fondo alveo, in verso solidale alla direzione di scorrimento dell'acqua. Questa forza di trazione prende il nome di sforzo di taglio.

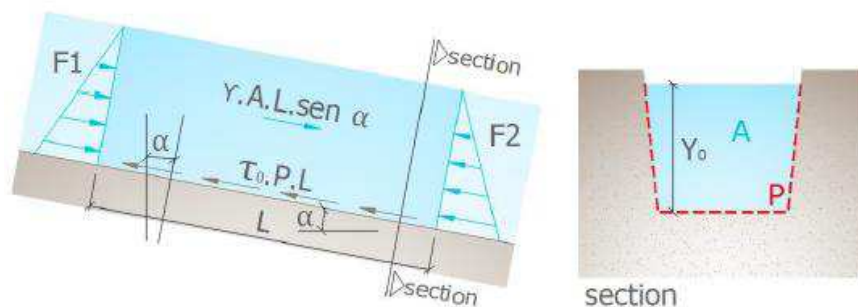


Figura 20: Forze agenti sulla massa di fluido (da Porto, 2006)

La figura precedente mostra lo schema delle forze, dove le forze agenti sono rappresentate dalla forza dell'acqua nella direzione del flusso ( $F_1$ ) a monte del blocco d'acqua considerato; la forza peso del blocco stesso, calcolata come  $\gamma \cdot A \cdot L \cdot \sin \alpha$ , dove  $\gamma$  è il peso di volume dell'acqua,  $A$  è l'area trasversale della sezione,  $L$  è la lunghezza della massa di fluido considerato e  $\alpha$  è l'inclinazione del fondo alveo rispetto all'orizzontale.

Le restanti forze sono rappresentate dalla forza dell'acqua in verso contrario alla direzione del flusso ( $F_2$ ), a monte della massa di fluido considerata; lo sforzo resistente mobilitato dal fondo alveo e calcolato come  $\tau_0 \cdot P \cdot L$ , dove  $\tau_0$  è lo sforzo di taglio e  $P$  è il contorno bagnato (Porto, 2006).

Pertanto:

$$\sum F_x = F_1 + \gamma \cdot A \cdot L \cdot \sin \alpha - F_2 - \tau_0 \cdot P \cdot L$$

Se il moto è uniforme, allora  $F_1=F_2$ :

$$\gamma \cdot A \cdot L \cdot \sin \alpha = \tau_0 \cdot P \cdot L \rightarrow \tau_0 = \frac{\gamma \cdot A \cdot \sin \alpha}{P} \rightarrow \tau_0 = \gamma \cdot R \cdot \sin \alpha$$

Inoltre, per un'inclinazione inferiore ai  $6^\circ$  può essere fatta la seguente approssimazione:

$$\sin \alpha \cong \tan \alpha \cong S$$

Pertanto:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot S$$

Dove  $\gamma$  è il peso di volume dell'acqua.

Tuttavia, lo sforzo di taglio non è uniformemente distribuito lungo il corso d'acqua. Infatti, può variare all'interno della stessa sezione.

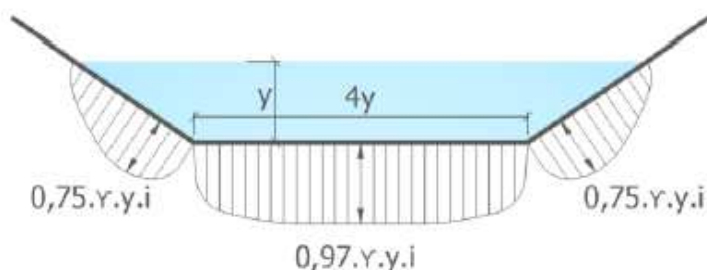


Figura 21: Distribuzione delle forze di trazione in un alveo a sezione trapezoidale (da Chow, 1994)

Allo scopo di determinare il massimo sforzo di taglio agente sui lati, può essere valutato un coefficiente di riduzione ( $K_m$ ) a partire dal grafico sottostante, in funzione della geometria della sezione (dove  $Z$  è il rapporto di pendenza,  $H:Z; V:1$ ). Per semplificare la progettazione con rivestimento uniforme, è possibile adottare un valore  $K_m = 0,75$ .

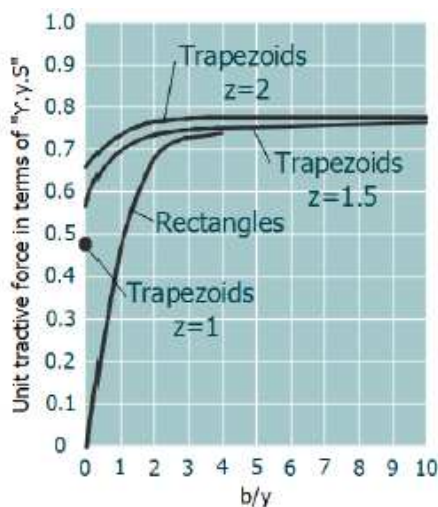


Figura 22: Sforzo di taglio sulle sponde dell'alveo (da Olsen e Florey, 1952)

Quindi, per ottenere lo sforzo di taglio sulle sponde:

$$\tau_m = \tau_0 \cdot Km$$

All'aumentare del battente idrico, lo sforzo di taglio agente è ridotto come mostrato in Figura 21. Quando i margini della sezione sono divisi in due o tre sotto-settori, è possibile stimare il nuovo coefficiente dello sforzo di taglio in proporzione all'altezza dell'acqua che è in contatto con essi.

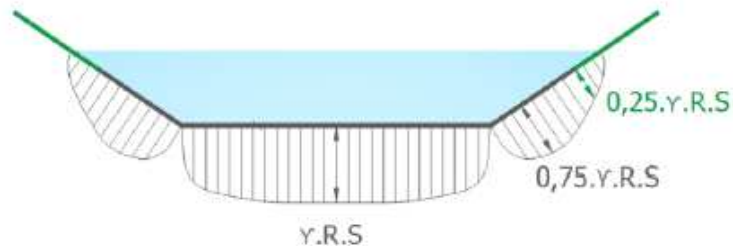


Figura 23: Esempio del coefficiente sullo sforzo di taglio proporzionale al livello idrico

Un'ulteriore differenza nello sforzo di taglio riguarda i corsi d'acqua lineari o tortuosi. Infatti, i canali con presenza di curve possono determinare uno sforzo di taglio maggiore rispetto ai corsi d'acqua rettilinei. Per definire il coefficiente amplificativo può essere impiegato il grafico sottostante.

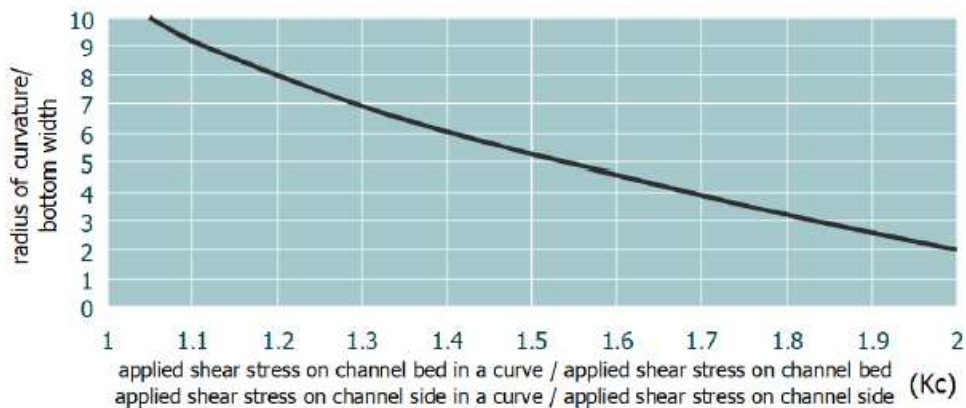


Figura 24: Coefficiente amplificativo dello sforzo di taglio in funzione del raggio di curvatura (S.C.S., 1977)

Il rapporto tra il raggio di curvatura e la larghezza del fondo alveo è moltiplicato per il valore di Kc:

$$\tau_{mc} = \tau_m \cdot Kc$$

$$\tau_{0c} = \tau_0 \cdot Kc$$

Dove  $\tau_{mc}$  è lo sforzo di taglio agente sul lato esterno dell'alveo meandriforme e  $\tau_{0c}$  è lo sforzo di taglio agente sul fondo del canale meandriforme.

Lo sforzo di taglio agente deve essere confrontato con quello ammissibile del materiale, il quale può essere dedotto dalla tabella seguente.

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

| Material                   | Allowable shear |           |
|----------------------------|-----------------|-----------|
|                            | Unvegetated     | Vegetated |
| Fine sand                  | 3.5             | ∞         |
| Sand and gravel            | 15.3            | ∞         |
| Coarse gravel              | 32              | ∞         |
| Cobbles and shingles       | 52.6            | ∞         |
| Stiff Clay (cohesive)      | 22              | ∞         |
| Shales (cohesive)          | 32              | ∞         |
| Silts w/cobbles (cohesive) | 38              | ∞         |
| Grass mats                 | 10              | 30        |
| Cutting Shrubs             | 10              | 60        |
| Brush mats w/willow        | 50              | 300       |
| Riparian wattles           | 10              | 50        |
| Willow protections         | 20              | 100       |
| GabionMats 0.30m           | 336             | 450       |
| Gabions 0.50m              | 470             | 500       |
| Gabions 1.00m              | 470             | 500       |
| Reno mattress 0.17m        | 224             | 400       |
| Reno mattress 0.23m        | 268             | 450       |
| Reno mattress 0.30m        | 336             | 450       |
| Macmat R1 6822             | 171             | 332       |
| Macmat R1 8127             | 188             | 349       |
| Riprap/Rock Wall           | 300             | 350       |
| Articulated blocks         | 250             | 350       |

**Tabella 8: Sforzo di taglio ammissibile**

Per gli interventi con gabbioni e materassi Reno è possibile trovare lo sforzo ammissibile attraverso l'adeguamento del parametro di Shields.

$$\tau_a = C_* \cdot (\gamma_s - \gamma) \cdot d_m$$

Dove  $C_*$  è il parametro di Shields (per i gabbioni e i materassi Reno  $C_* \cong 0.14$ ) e  $\gamma_s$  è il peso di volume del materiale di riempimento.

Allo scopo di determinare lo sforzo ammissibile nella parte laterale dell'alveo rivestito con gabbioni o terreno granulare, può essere impiegata la seguente equazione:

$$\tau_{c,m} = \tau_c \cdot \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \varphi}}$$

dove  $\theta$  è l'inclinazione della sponda e  $\varphi$  è l'angolo di attrito del materiale. Per sponde con inclinazione maggiore di  $45^\circ$ , lo sforzo ammissibile può essere stimato moltiplicando lo sforzo di taglio agente sul fondo per un fattore di 0,57.

In presenza del prodotto MacMat R, è possibile definire lo sforzo di taglio critico attraverso le seguenti equazioni riassunte in tabella. Queste sono state definite sulla base di test con una durata massima di 60 ore.

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

| Material      | Critical shear                        |                                       |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|               | Unvegetated                           | Vegetated                             |
| MacMat R 6822 | $\tau_c = 0.011 t^2 - 2.567 t + 184$  | $\tau_c = 0.0314 t^2 - 4.994 t + 356$ |
| MacMat R 8127 | $\tau_c = 0.0079 t^2 - 2.425 t + 201$ | $\tau_c = 0.0414 t^2 - 5.638 t + 376$ |

Tabella 9: Calcolo dello sforzo critico del MacMat



## 9 RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE

I risultati delle analisi svolte con il codice di calcolo Macra Studio sono riportati nell'Allegato 1 della presente relazione.

Come già spiegato nel precedente paragrafo, il software utilizzato permette di svolgere sia la verifica in termini di deflusso della portata di progetto, che la verifica a trascinamento degli elementi di rivestimento delle sezioni.

Le verifiche sono state condotte sulla sezione idraulicamente più gravosa, considerando per tutta l'inalveazione una pendenza costante pari al 2% (vedasi elaborati grafici di progetto).

Si riporta di seguito uno specchietto riepilogativo delle verifiche effettuate.

| Inalveazione     | i   | $Q_{(Tr=100)}$ | $H_w$ | Franco |
|------------------|-----|----------------|-------|--------|
|                  | %   | mc/s           | m     | m      |
| IN08E – Sez n. 8 | 2.0 | 13.6           | 1.39  | 0.61   |

**Tabella 10 Risultati verifiche inalveazioni di progetto**

Per un maggiore dettaglio circa le caratteristiche geometriche delle sistemazioni si rimanda agli elaborati grafici dell'opera in esame.

## 10 VERIFICHE DI STABILITA' DELL' OPERA

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 statiche locali e globali considerando il livello idrico corrispondente alla portata di piena;
2. Analisi sismiche locali e globali considerando il livello idrico corrispondente alla portata di magra (portata ordinaria);

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.

### 10.1.1 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<br>$\gamma_F$ o $\gamma_E$ | EQU | (A1)<br>STR | (A2)<br>GEO |
|----------------------------|-------------|--|-----|-------------|-------------|
| Permanenti                 | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                    | 0.9 | 1.0         | 1.0         |
|                            | Sfavorevole |  | 1.1 | 1.3         | 1.0         |
| Permanenti non strutturali | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                    | 0.8 | 0.8         | 0.8         |
|                            | Sfavorevole |  | 1.5 | 1.5         | 1.3         |
| Variabili                  | Favorevole  | $\gamma_{Qi}$                                    | 0.0 | 0.0         | 0.0         |
|                            | Sfavorevole |  | 1.5 | 1.5         | 1.3         |

Tabella 11: COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI E PER L'EFFETTO DELLE AZIONI (TAB. 6.2.I DELLE NTC18)

| Parametro                                    | Grandezza alla quale applicare<br>Il coefficiente parziale | Coefficiente parziale | (M1) | (M2) |
|--|--|-----------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di Resistenza al taglio | $\tan \varphi'$  | $\gamma_\varphi$      | 1.0  | 1.25 |
| Coesione efficace                            | $c'$   | $\gamma_c$            | 1.0  | 1.25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_u$  | $\gamma_{cu}$         | 1.0  | 1.4  |
| Peso dell'unità di volume                    | $\gamma$   | $\gamma_\gamma$       | 1.0  | 1.0  |

Tabella 12: 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.

## 10.2 AZIONI DI CALCOLO

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

### Falda

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

- Condizioni statiche livello di falda posto a + 1.4 da fondo alveo, coerentemente ai risultati della modellazione idraulica in condizioni di piena
- Condizioni sismiche livello di falda posto a +0.5 da fondo alveo, coerentemente alle condizioni di deflusso ordinario

### 10.2.1 RISULTATI DI CALCOLO

Come anticipato in precedenza per l'intervento in oggetto sono state eseguite n.6 analisi di stabilità:

- n.4 analisi statiche (stabilità locale delle scarpate e stabilità globale) in condizioni di piena;
- n.4 analisi sismiche (stabilità locale delle scarpate e stabilità globale) 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.

| <b>ANALISI</b> | Globale | Locale 1 | Locale 2 | Locale 3 |
|----------------|---------|----------|----------|----------|
| Cond. Statiche | 1.26    | 1.67     | 1.26     | 1.15     |
| Cond. Sismiche | 1.31    | 1.42     | 1.33     | 1.21     |

Tabella 13 Risultati analisi di stabilità

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

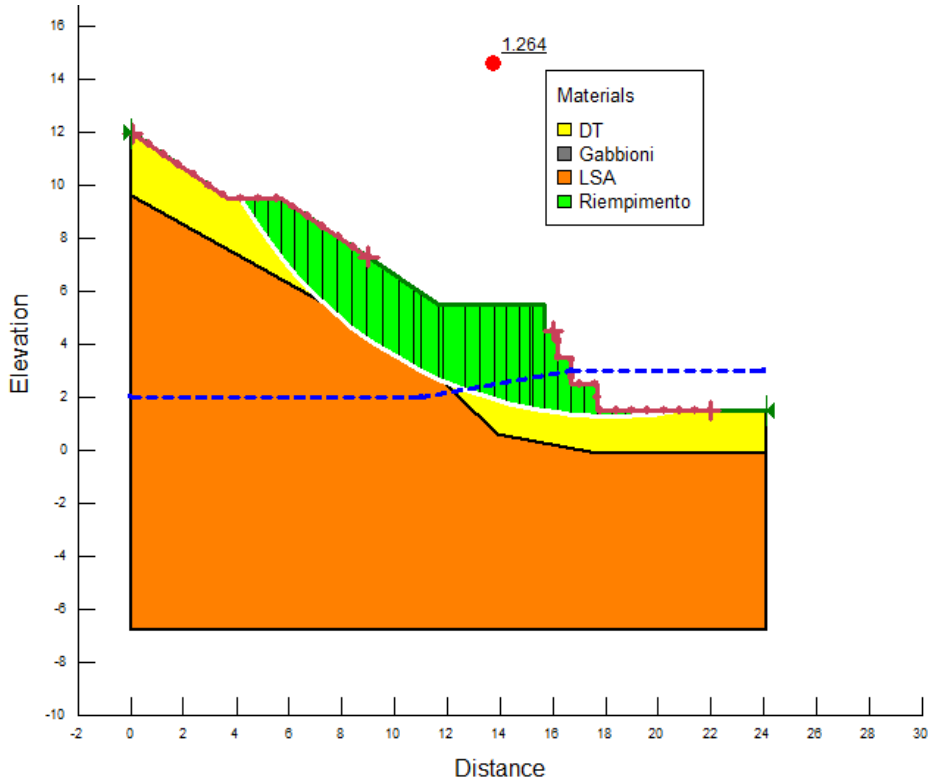


Figura 25 Analisi di stabilità globale condizioni statiche

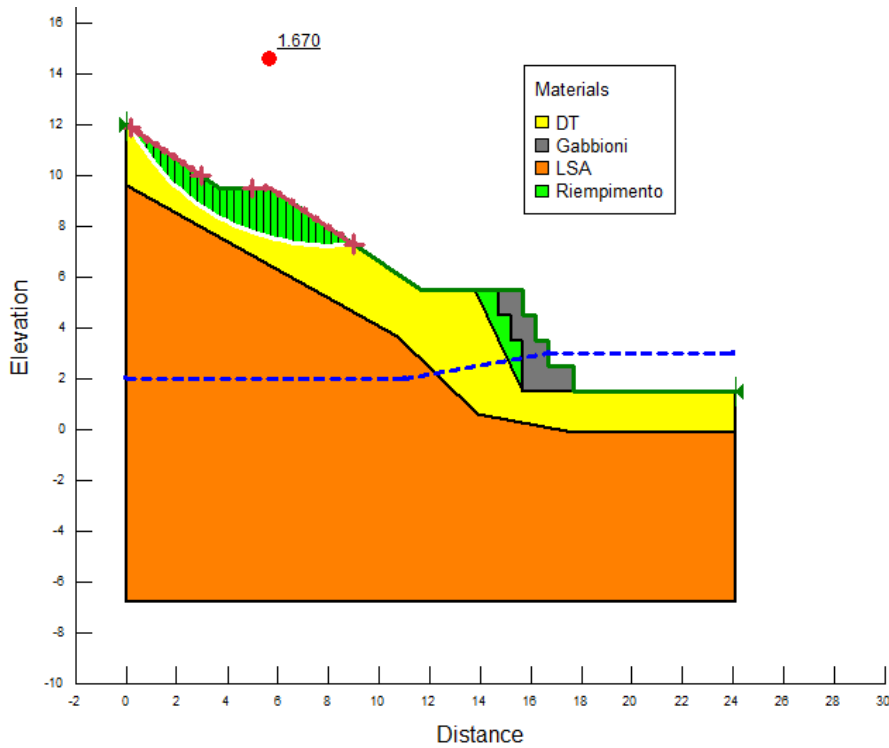


Figura 26 Analisi di stabilità locale 1- condizioni statiche

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

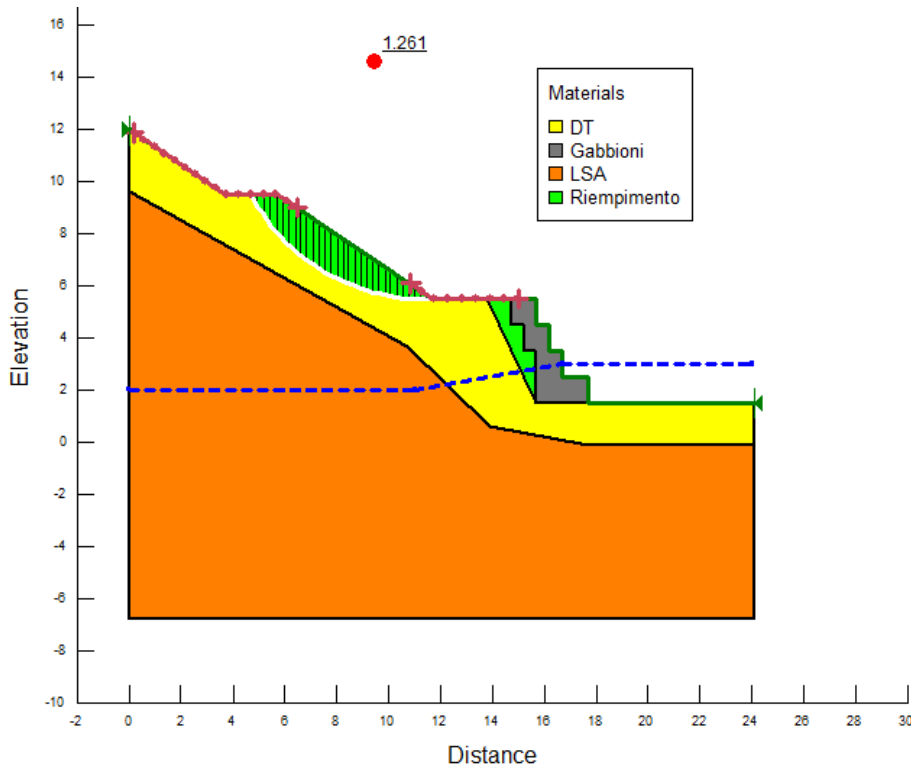


Figura 27 Analisi di stabilità locale 2- condizioni statiche

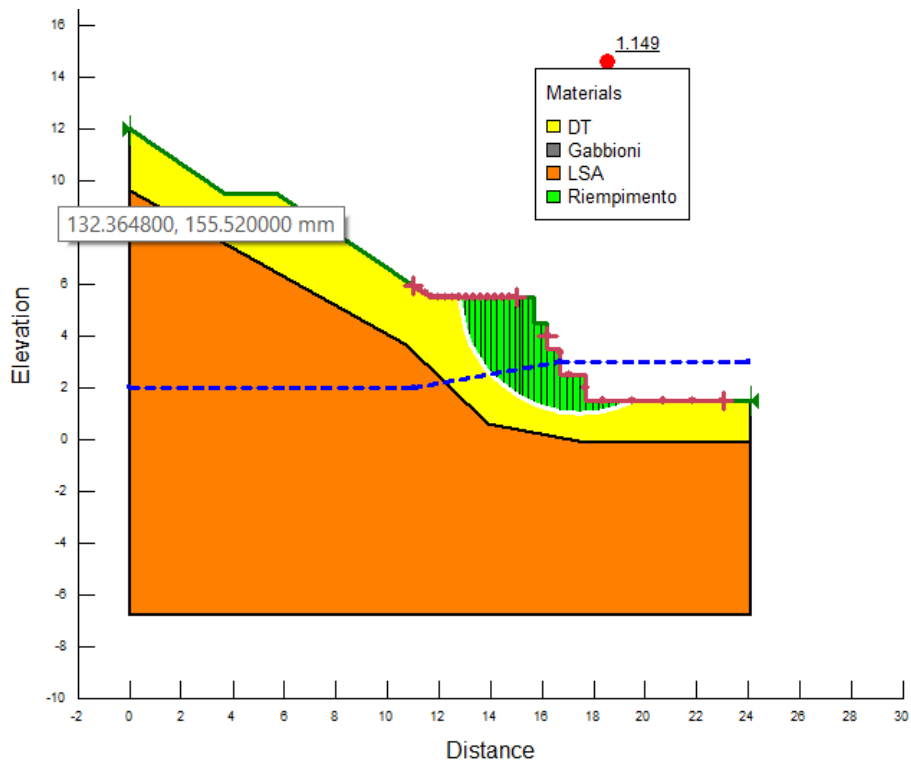


Figura 28 Analisi di stabilità locale 3- condizioni statiche

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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

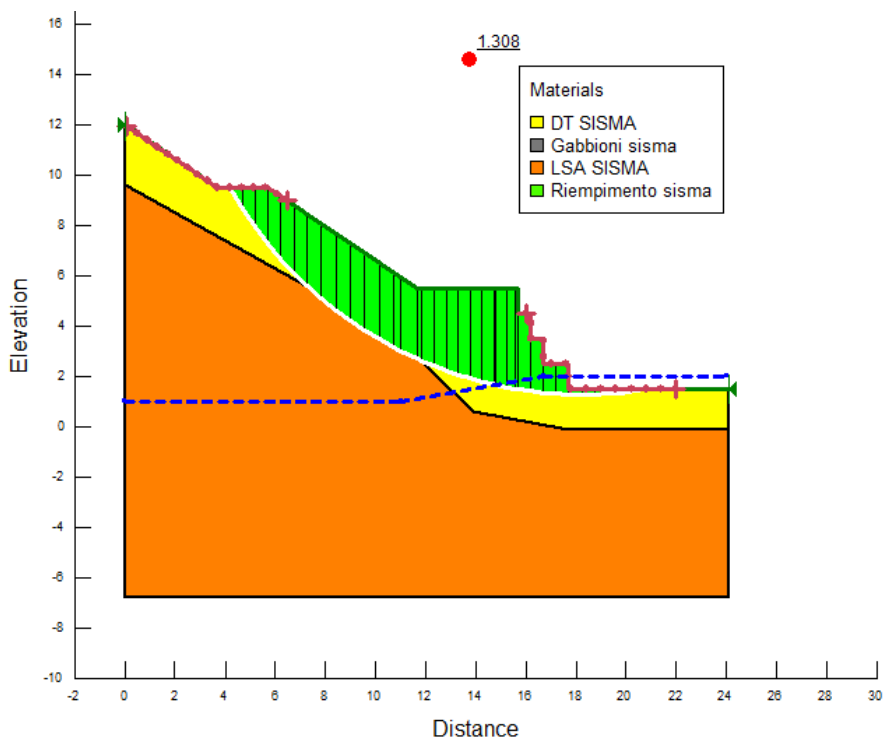


Figura 29 Analisi di stabilità Globale- condizioni sismiche

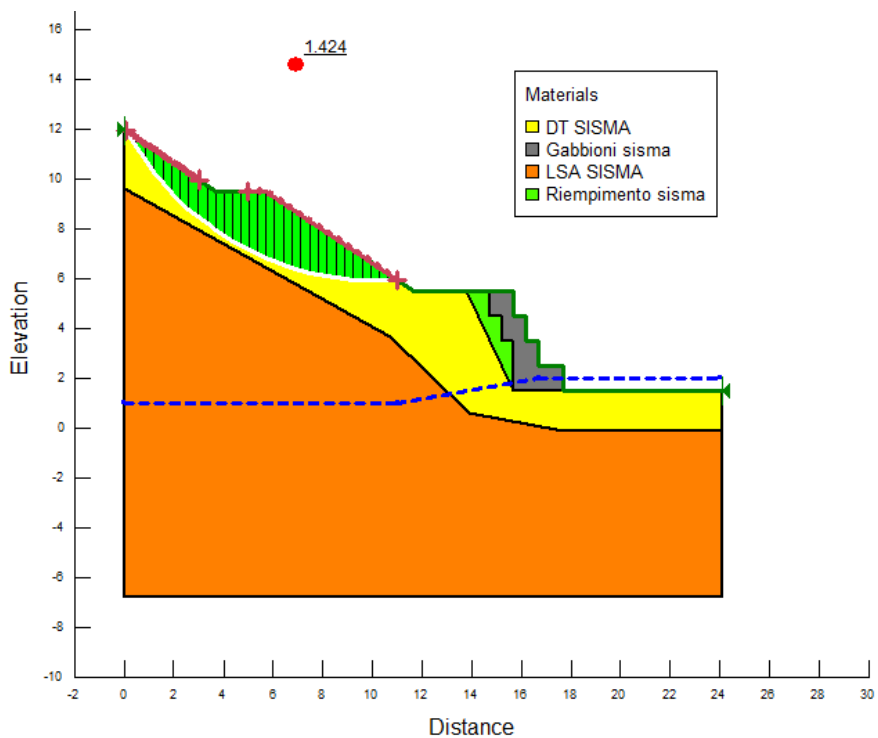


Figura 30 Analisi di stabilità Locale 1- condizioni sismiche

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 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

IN08E – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione idraulica e di calcolo

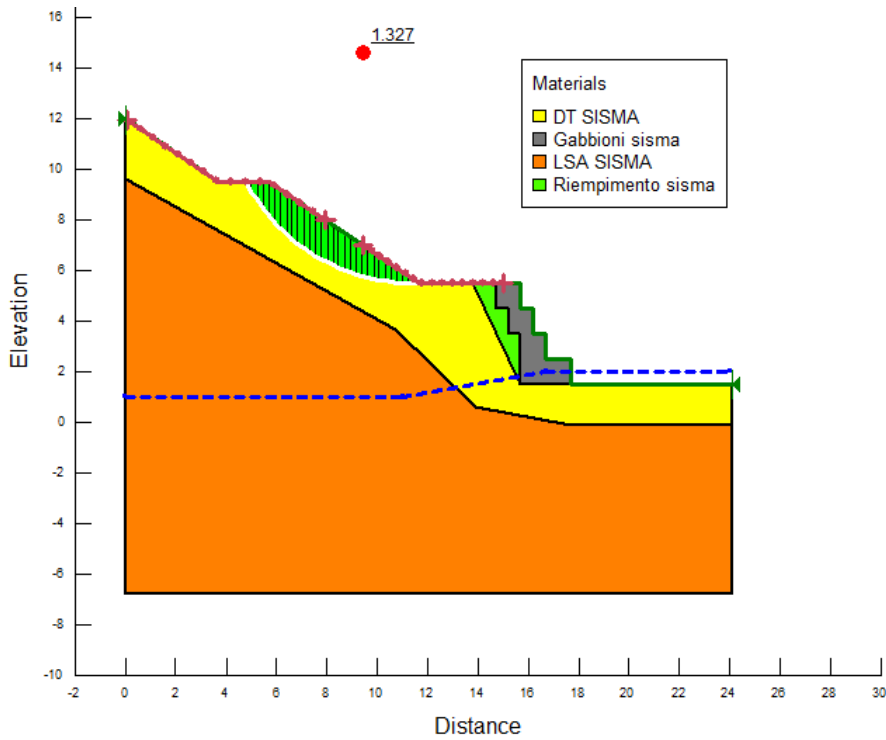


Figura 31 Analisi di stabilità locale 2- condizioni sismiche

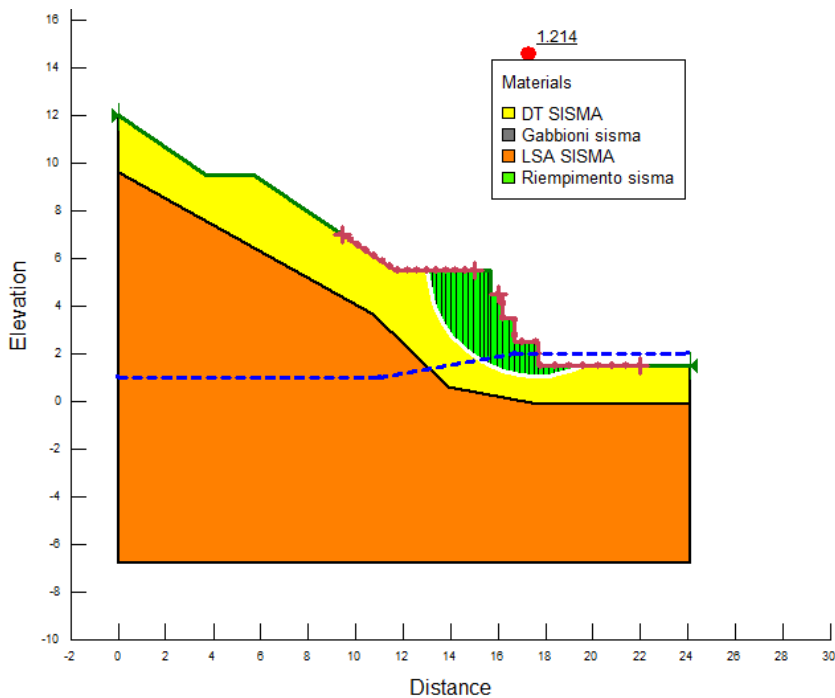


Figura 32 Analisi di stabilità Locale 3- condizioni sismiche



---

## 11 CONCLUSIONI

---

Nella presente *Relazione idraulica e di calcolo*, sono state condotte le verifiche, relative alla sistemazione idraulica IN08 E.

A valle di una breve panoramica circa i danneggiamenti causati dall'evento alluvionale del Novembre 2018, è stata descritta la metodologia per il calcolo delle portate di progetto.

La verifica delle opere in esame è stata condotta considerando la portata corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni, in accordo con quanto previsto nel CSA e dal Genio Civile di Palermo.

Il dimensionamento, e la conseguente verifica delle sezioni, sono stati condotti con l'ausilio del codice di calcolo Macra Studio sviluppato da Officine Maccaferri S.p.a..

La verifica delle scarpate di progetto è stata effettuata con l'ausilio del codice di calcolo Slope /W, in condizioni sia statiche che sismiche.

Alla luce dei risultati ottenuti, presentati nei precedenti paragrafi, gli interventi di progetto si ritengono verificati sia dal punto di vista geotecnico che idraulico ai sensi della vigente normativa.

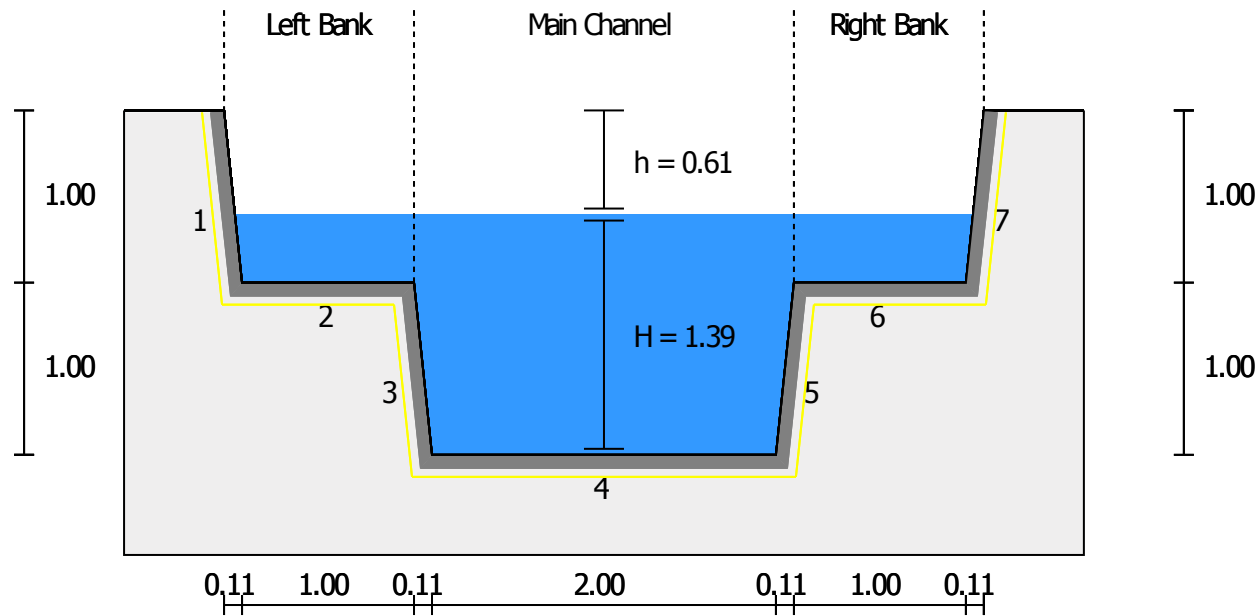
## ● Project Information

| Date            | Description |
|-----------------|-------------|
| 29-Apr-21       |             |
| Title IN08_TP05 |             |
| Number          |             |
| Client          |             |
| Author/Designer |             |

## ● Input

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| Discharge [m <sup>3</sup> /s] | 13.6 |
| Longitudinal Slope [%]        | 2    |
| Freeboard [m]                 | 0.00 |
| Bending Radius [m]            | -    |
| Bending Side                  | -    |

## Channel Design



## ● Results

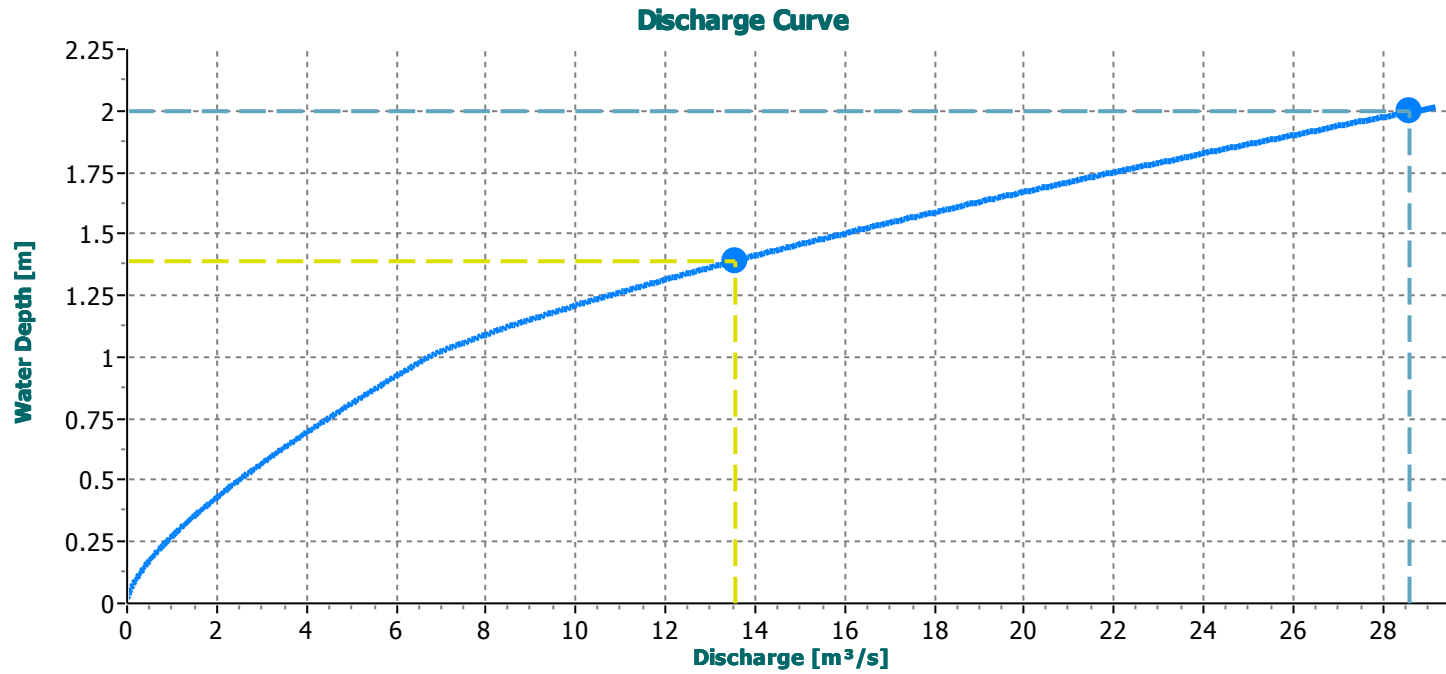
|                        |      |                     |
|------------------------|------|---------------------|
| Freeboard [m]          | 0.61 | Freeboard Satisfied |
| Longitudinal Slope [%] | 2    |                     |
| Water Depth [m]        | 1.39 |                     |
| Froude Number          | 1.22 | Supercritical Flow  |

|  | <b>Total</b> | <b>Left Overbank</b> | <b>Main Channel</b> | <b>Right Overbank</b> |
|--|--------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Discharge [m <sup>3</sup> /s]          | 13.60        | 0.82                 | 11.93               | 0.82                  |
| Cross Sectional Area [m <sup>2</sup> ] | 3.79         | 0.4                  | 2.99                | 0.4                   |
| Wetted Perimeter [m]                   | 6.79         | 1.39                 | 4.01                | 1.39                  |
| Hydraulic Radius [m]                   | 0.56         | 0.29                 | 0.74                | 0.29                  |
| Water Velocity [m/s]                   | 3.59         | 2.04                 | 4.01                | 2.04                  |
| Average Roughness                      | -            | 0.0301               | 0.0289              | 0.0301                |

## Materials

|                       | ID | Bed materials                  | Vegetated | Roughness | Shear Stress [N/m <sup>2</sup> ] |            | Geotextile | Velocity Under Lining [m/s] |      | Length [m] |      |
|-----------------------|----|--------------------------------|-----------|-----------|----------------------------------|------------|------------|-----------------------------|------|------------|------|
|                       |    |                                |           |           | Allowed                          | Calculated |            |                             |      |            |      |
| <b>Left Overbank</b>  | 1  | Gabions (0.50m) PoliMac™       | -         | 0.0301    | 271.59                           | 43.02      | ✓          | Yes                         | 0.52 | ✓          | 1.01 |
| <b>Left Overbank</b>  | 2  | Gabions (0.50m) PoliMac™       | -         | 0.0301    | 470.40                           | 57.36      | ✓          | Yes                         | 0.52 | ✓          | 1.00 |
| <b>Main Channel</b>   | 3  | Gabions (0.50m) PoliMac™       | -         | 0.0301    | 271.59                           | 111.26     | ✓          | Yes                         | 0.52 | ✓          | 1.01 |
| <b>Main Channel</b>   | 4  | Reno mattress (0.30m) PoliMac™ | -         | 0.0277    | 336.00                           | 148.34     | ✓          | Yes                         | 0.42 | ✓          | 2.00 |
| <b>Main Channel</b>   | 5  | Gabions (0.50m) PoliMac™       | -         | 0.0301    | 271.59                           | 111.26     | ✓          | Yes                         | 0.52 | ✓          | 1.01 |
| <b>Right Overbank</b> | 6  | Gabions (0.50m) PoliMac™       | -         | 0.0301    | 470.40                           | 57.36      | ✓          | Yes                         | 0.52 | ✓          | 1.00 |
| <b>Right Overbank</b> | 7  | Gabions (0.50m) PoliMac™       | -         | 0.0301    | 271.59                           | 43.02      | ✓          | Yes                         | 0.52 | ✓          | 1.01 |

## Discharge Curve



# Globale SISMA

Report generated using GeoStudio 2021. Copyright © 1991-2020 GEOSLOPE International Ltd.

## File Information

File Version: 11.00

Title: Scavi IN08

Created By: Francesca Lupino

Last Edited By: Francesca Lupino

Revision Number: 33

Date: 06-May-21

Time: 12:10:22 PM

Tool Version: 11.0.1.21429

File Name: Scavi\_IN08.gsz

Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA\_PV3\TP05\_IN08\

Last Solved Date: 06-May-21

Last Solved Time: 12:10:32 PM

## Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

## Analysis Settings

### Globale SISMA

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

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 Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.001

#### Solution Settings

Search Method: [Root Finder](#)

Tolerable difference between starting and converged F of S: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

## Materials

### LSA SISMA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 15 kPa

Effective Friction Angle: 25 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Gabbioni sisma

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 50 kPa

Effective Friction Angle: 45 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Riempimento sisma

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 38 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### DT SISMA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 5 kPa

Effective Friction Angle: 28 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Type: [Range](#)

Left-Zone Left Coordinate: (0.102205, 11.930943) m

Left-Zone Right Coordinate: (6.45, 9) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: [Range](#)

Right-Zone Left Coordinate: (16, 4.5) m

Right-Zone Right Coordinate: (22, 1.5) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 4

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 12) m

Right Coordinate: (24.1, 1.5) m

## Piezometric Lines

### Piezometric Line 1

#### Coordinates

|              | X      | Y   |
|--------------|--------|-----|
| Coordinate 1 | 0 m    | 1 m |
| Coordinate 2 | 11 m   | 1 m |
| Coordinate 3 | 16.7 m | 2 m |
| Coordinate 4 | 24 m   | 2 m |

## Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.093

Vert Seismic Coef.: 0.047

## Geometry

Name: [2D Geometry](#)

### Settings

View: [2D](#)

Element Thickness: 1 m

### Points

|          | X      | Y      |
|----------|--------|--------|
| Point 1  | 0 m    | 12 m   |
| Point 2  | 3.7 m  | 9.5 m  |
| Point 3  | 5.7 m  | 9.5 m  |
| Point 4  | 11.7 m | 5.5 m  |
| Point 5  | 13.8 m | 5.5 m  |
| Point 6  | 15.7 m | 1.5 m  |
| Point 7  | 24.1 m | 1.5 m  |
| Point 8  | 24.1 m | -6.8 m |
| Point 9  | 0 m    | -6.8 m |
| Point 10 | 15.7 m | 2.5 m  |

|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| Point 11 | 17.7 m | 2.5 m  |
| Point 12 | 17.7 m | 1.5 m  |
| Point 13 | 16.7 m | 2.5 m  |
| Point 14 | 15.7 m | 3.5 m  |
| Point 15 | 16.7 m | 3.5 m  |
| Point 16 | 16.2 m | 3.5 m  |
| Point 17 | 15.2 m | 3.5 m  |
| Point 18 | 15.2 m | 4.5 m  |
| Point 19 | 16.2 m | 4.5 m  |
| Point 20 | 15.7 m | 4.5 m  |
| Point 21 | 15.7 m | 5.5 m  |
| Point 22 | 14.7 m | 5.5 m  |
| Point 23 | 14.7 m | 4.5 m  |
| Point 24 | 13.8 m | 5.4 m  |
| Point 25 | 0 m    | 9.6 m  |
| Point 26 | 10.7 m | 3.7 m  |
| Point 27 | 13.9 m | 0.6 m  |
| Point 28 | 17.7 m | -0.1 m |
| Point 29 | 24.1 m | -0.1 m |

## Regions

|          | Material          | Points                          | Area                  |
|----------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Gabbioni sisma    | 10,6,12,11,13                   | 2 m <sup>2</sup>      |
| Region 2 | Gabbioni sisma    | 15,13,10,14,16                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 3 | Gabbioni sisma    | 19,16,14,17,18,20               | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 4 | Gabbioni sisma    | 21,20,18,23,22                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 5 | Riempimento sisma | 5,22,23,18,17,14,10,6           | 2.3 m <sup>2</sup>    |
| Region 6 | LSA SISMA         | 25,9,8,29,28,27,26              | 242.23 m <sup>2</sup> |
| Region 7 | DT SISMA          | 25,1,2,3,4,5,6,12,7,29,28,27,26 | 56.23 m <sup>2</sup>  |

## Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1027 of 1280 converged

## Current Slip Surface

Slip Surface: 868

Factor of Safety: 1.308

Volume: 37.408477 m<sup>3</sup>

Weight: 740.86954 kN

Resisting Moment: 8,059.7175 kN·m

Activating Moment: 6,165.7316 kN·m

Resisting Force: 437.11795 kN

Activating Force: 334.18286 kN

Slip Rank: 1 of 1,280 slip surfaces

Exit: (20.8, 1.5) m

Entry: (4.1869003, 9.5) m

Radius: 16.12064 m

Center: (18.230902, 17.414608) m



**Slip Slices**

|          | X           | Y           | PWP             | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|-------------|-------------|-----------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Slice 1  | 4.4390836 m | 9.0825673 m | -79.265738 kPa  | 0.79383445 kPa      | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 2  | 4.9434502 m | 8.297594 m  | -71.567504 kPa  | 6.0656143 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 3  | 5.4478167 m | 7.6015443 m | -64.741345 kPa  | 10.535042 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 4  | 5.962733 m  | 6.9645905 m | -58.494739 kPa  | 13.422723 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 5  | 6.4881991 m | 6.3766381 m | -52.72869 kPa   | 14.911418 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 6  | 7.0136652 m | 5.8424555 m | -47.489961 kPa  | 16.17114 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 7  | 7.5616984 m | 5.3357755 m | -42.52095 kPa   | 14.488195 kPa       | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 8  | 8.1322987 m | 4.854385 m  | -37.799954 kPa  | 15.80591 kPa        | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 9  | 8.702899 m  | 4.415876 m  | -33.499496 kPa  | 17.002654 kPa       | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 10 | 9.2734993 m | 4.0160198 m | -29.578106 kPa  | 18.107538 kPa       | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 11 | 9.8440996 m | 3.6514351 m | -26.002624 kPa  | 19.133528 kPa       | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 12 | 10.4147 m   | 3.3193761 m | -22.746121 kPa  | 20.078804 kPa       | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 13 | 10.85 m     | 3.0839129 m | -20.436934 kPa  | 20.753926 kPa       | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 14 | 11.35 m     | 2.8414003 m | -17.456428 kPa  | 21.391981 kPa       | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 15 | 11.752003 m | 2.6533193 m | -14.920262 kPa  | 22.141762 kPa       | 15 kPa            | 0 kPa            | LSA SISMA     |
| Slice 16 | 12.053505 m | 2.5269688 m | -13.1624 kPa    | 26.478616 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 17 | 12.552503 m | 2.3295251 m | -10.36753 kPa   | 29.858121 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 18 | 13.051502 m | 2.1509451 m | -7.7576555 kPa  | 33.285964 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 19 | 13.550501 m | 1.9905726 m | -5.3263419 kPa  | 36.713446 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 20 | 14.025 m    | 1.8540466 m | -3.1710428 kPa  | 39.670967 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 21 | 14.475 m    | 1.7393193 m | -1.2716755 kPa  | 42.061429 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 22 | 14.745714 m | 1.6752853 m | -0.17792357 kPa | 43.420572 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 23 | 14.995714 m | 1.6233104 m | 0.76192622 kPa  | 44.048586 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 24 | 15.378846 m | 1.5493073 m | 2.1468631 kPa   | 44.714666 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |

|          |             |             |               |                |       |       |          |
|----------|-------------|-------------|---------------|----------------|-------|-------|----------|
| Slice 25 | 15.628846 m | 1.5055189 m | 3.0064274 kPa | 45.04468 kPa   | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 26 | 15.95 m     | 1.4581448 m | 4.023579 kPa  | 34.479055 kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 27 | 16.45 m     | 1.3946166 m | 5.5068633 kPa | 23.59471 kPa   | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 28 | 16.95 m     | 1.346895 m  | 6.405001 kPa  | 12.283315 kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 29 | 17.45 m     | 1.3148392 m | 6.7193716 kPa | 13.135034 kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 30 | 17.958333 m | 1.2983441 m | 6.881139 kPa  | 3.502041 kPa   | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 31 | 18.475 m    | 1.2978876 m | 6.8856158 kPa | 3.2920482 kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 32 | 18.991667 m | 1.3140067 m | 6.7275364 kPa | 2.8861732 kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 33 | 19.508333 m | 1.3467512 m | 6.4064111 kPa | 2.3079754 kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 34 | 20.025 m    | 1.3962232 m | 5.9212388 kPa | 1.5910697 kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 35 | 20.541667 m | 1.4625786 m | 5.2704918 kPa | 0.77458125 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |

# Globale

---

Report generated using GeoStudio 2021. Copyright © 1991-2020 GEOSLOPE International Ltd.

## File Information

File Version: 11.00

Title: Scavi IN08

Created By: Francesca Lupino

Last Edited By: Francesca Lupino

Revision Number: 33

Date: 06-May-21

Time: 12:10:22 PM

Tool Version: 11.0.1.21429

File Name: Scavi\_IN08.gsz

Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA\_PV3\TP05\_IN08\

Last Solved Date: 06-May-21

Last Solved Time: 12:10:32 PM

## Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

## Analysis Settings

### Globale

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

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 Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.001

#### Solution Settings

Search Method: [Root Finder](#)

Tolerable difference between starting and converged F of S: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

## Materials

### LSA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 12 kPa

Effective Friction Angle: 20.5 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Riempimento

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 32 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### DT

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 4 kPa

Effective Friction Angle: 23 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Gabbioni

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 40 kPa

Effective Friction Angle: 39 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Type: [Range](#)

Left-Zone Left Coordinate: (0.102205, 11.930943) m

Left-Zone Right Coordinate: (9, 7.3) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: [Range](#)

Right-Zone Left Coordinate: (16, 4.5) m

Right-Zone Right Coordinate: (22, 1.5) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 4

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 12) m

Right Coordinate: (24.1, 1.5) m

## Piezometric Lines

### Piezometric Line 1

#### Coordinates

|              | X      | Y   |
|--------------|--------|-----|
| Coordinate 1 | 0 m    | 2 m |
| Coordinate 2 | 11 m   | 2 m |
| Coordinate 3 | 16.7 m | 3 m |
| Coordinate 4 | 24 m   | 3 m |

## Geometry

Name: [2D Geometry](#)

### Settings

View: [2D](#)

Element Thickness: 1 m

### Points

|          | X      | Y      |
|----------|--------|--------|
| Point 1  | 0 m    | 12 m   |
| Point 2  | 3.7 m  | 9.5 m  |
| Point 3  | 5.7 m  | 9.5 m  |
| Point 4  | 11.7 m | 5.5 m  |
| Point 5  | 13.8 m | 5.5 m  |
| Point 6  | 15.7 m | 1.5 m  |
| Point 7  | 24.1 m | 1.5 m  |
| Point 8  | 24.1 m | -6.8 m |
| Point 9  | 0 m    | -6.8 m |
| Point 10 | 15.7 m | 2.5 m  |
| Point 11 | 17.7 m | 2.5 m  |
| Point 12 | 17.7 m | 1.5 m  |
| Point 13 | 16.7 m | 2.5 m  |
| Point 14 | 15.7 m | 3.5 m  |
| Point 15 | 16.7 m | 3.5 m  |

|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| Point 16 | 16.2 m | 3.5 m  |
| Point 17 | 15.2 m | 3.5 m  |
| Point 18 | 15.2 m | 4.5 m  |
| Point 19 | 16.2 m | 4.5 m  |
| Point 20 | 15.7 m | 4.5 m  |
| Point 21 | 15.7 m | 5.5 m  |
| Point 22 | 14.7 m | 5.5 m  |
| Point 23 | 14.7 m | 4.5 m  |
| Point 24 | 13.8 m | 5.4 m  |
| Point 25 | 0 m    | 9.6 m  |
| Point 26 | 10.7 m | 3.7 m  |
| Point 27 | 13.9 m | 0.6 m  |
| Point 28 | 17.7 m | -0.1 m |
| Point 29 | 24.1 m | -0.1 m |

## Regions

|          | Material    | Points                          | Area                  |
|----------|-------------|---------------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Gabbioni    | 10,6,12,11,13                   | 2 m <sup>2</sup>      |
| Region 2 | Gabbioni    | 15,13,10,14,16                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 3 | Gabbioni    | 19,16,14,17,18,20               | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 4 | Gabbioni    | 21,20,18,23,22                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 5 | Riempimento | 5,22,23,18,17,14,10,6           | 2.3 m <sup>2</sup>    |
| Region 6 | LSA         | 25,9,8,29,28,27,26              | 242.23 m <sup>2</sup> |
| Region 7 | DT          | 25,1,2,3,4,5,6,12,7,29,28,27,26 | 56.23 m <sup>2</sup>  |

## Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1039 of 1280 converged

## Current Slip Surface

Slip Surface: 628

Factor of Safety: 1.264

Volume: 37.562797 m<sup>3</sup>

Weight: 746.25595 kN

Resisting Moment: 6,209.5989 kN·m

Activating Moment: 4,913.3921 kN·m

Resisting Force: 332.98365 kN

Activating Force: 263.51494 kN

Slip Rank: 1 of 1,280 slip surfaces

Exit: (20.8, 1.5) m

Entry: (4.1684098, 9.5) m

Radius: 16.128823 m

Center: (18.218284, 17.420856) m

## Slip Slices

|  | X | Y | PWP | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|--|---|---|-----|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
|--|---|---|-----|---------------------|-------------------|------------------|---------------|

|          |             |             |                |                |        |       |     |
|----------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------|-------|-----|
| Slice 1  | 4.4236748 m | 9.077932 m  | -69.413279 kPa | 0.88214162 kPa | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 2  | 4.9342049 m | 8.2847054 m | -61.634106 kPa | 5.29706 kPa    | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 3  | 5.444735 m  | 7.5821378 m | -54.744025 kPa | 9.1368544 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 4  | 5.9553783 m | 6.9515977 m | -48.560319 kPa | 11.661236 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 5  | 6.4661349 m | 6.3806207 m | -42.960747 kPa | 12.982627 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 6  | 6.9768915 m | 5.8604438 m | -37.859372 kPa | 14.106933 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 7  | 7.5212474 m | 5.3558995 m | -32.911307 kPa | 12.667609 kPa  | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 8  | 8.0992024 m | 4.8667593 m | -28.114308 kPa | 13.733679 kPa  | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 9  | 8.6771574 m | 4.4217281 m | -23.749887 kPa | 14.659478 kPa  | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 10 | 9.2551124 m | 4.016393 m  | -19.774766 kPa | 15.462982 kPa  | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 11 | 9.8330675 m | 3.6472361 m | -16.154445 kPa | 16.150388 kPa  | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 12 | 10.411022 m | 3.3114085 m | -12.860983 kPa | 16.717844 kPa  | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 13 | 10.85 m     | 3.0744671 m | -10.537299 kPa | 17.076967 kPa  | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 14 | 11.35 m     | 2.8326437 m | -7.5635523 kPa | 17.337435 kPa  | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 15 | 11.759607 m | 2.6418109 m | -4.9873155 kPa | 17.75561 kPa   | 12 kPa | 0 kPa | LSA |
| Slice 16 | 12.229308 m | 2.4516881 m | -2.3146482 kPa | 22.178654 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 17 | 12.929552 m | 2.1868842 m | 1.4870714 kPa  | 24.846205 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 18 | 13.509851 m | 1.9975769 m | 4.3420277 kPa  | 26.20408 kPa   | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 19 | 14.025 m    | 1.8484127 m | 6.6912085 kPa  | 27.385276 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 20 | 14.475 m    | 1.7341345 m | 8.5861724 kPa  | 28.357354 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 21 | 14.909615 m | 1.6365043 m | 10.291398 kPa  | 28.798287 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 22 | 15.159615 m | 1.5847653 m | 11.228935 kPa  | 29.252443 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 23 | 15.45 m     | 1.5334043 m | 12.232246 kPa  | 29.269576 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 24 | 15.95 m     | 1.4543272 m | 13.868018 kPa  | 20.666024 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |
| Slice 25 | 16.45 m     | 1.3912326 m | 15.34705 kPa   | 12.901555 kPa  | 4 kPa  | 0 kPa | DT  |

|          |             |             |               |                |       |       |    |
|----------|-------------|-------------|---------------|----------------|-------|-------|----|
| Slice 26 | 16.95 m     | 1.3439321 m | 16.241058 kPa | 6.2934704 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 27 | 17.45 m     | 1.3122865 m | 16.551406 kPa | 9.3410639 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 28 | 17.958333 m | 1.2961983 m | 16.709183 kPa | 1.9943575 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 29 | 18.475 m    | 1.2961465 m | 16.709692 kPa | 1.9696719 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 30 | 18.991667 m | 1.3126623 m | 16.54772 kPa  | 1.7993673 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 31 | 19.508333 m | 1.345797 m  | 16.222768 kPa | 1.490599 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 32 | 20.025 m    | 1.3956538 m | 15.733823 kPa | 1.0578221 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 33 | 20.541667 m | 1.4623894 m | 15.079347 kPa | 0.52132198 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |



# Locale 1 SISMA

Report generated using GeoStudio 2021. Copyright © 1991-2020 GEOSLOPE International Ltd.

## File Information

File Version: 11.00

Title: Scavi IN08

Created By: Francesca Lupino

Last Edited By: Francesca Lupino

Revision Number: 33

Date: 06-May-21

Time: 12:10:22 PM

Tool Version: 11.0.1.21429

File Name: Scavi\_IN08.gsz

Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA\_PV3\TP05\_IN08\

Last Solved Date: 06-May-21

Last Solved Time: 12:10:32 PM

## Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

## Analysis Settings

### Locale 1 SISMA

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

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 Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.001

#### Solution Settings

Search Method: [Root Finder](#)

Tolerable difference between starting and converged F of S: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

## Materials

### LSA SISMA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 15 kPa

Effective Friction Angle: 25 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Gabbioni sisma

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 50 kPa

Effective Friction Angle: 45 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Riempimento sisma

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 38 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### DT SISMA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 5 kPa

Effective Friction Angle: 28 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Type: [Range](#)

Left-Zone Left Coordinate: (0.102205, 11.930943) m

Left-Zone Right Coordinate: (3, 9.972973) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: [Range](#)

Right-Zone Left Coordinate: (5, 9.5) m

Right-Zone Right Coordinate: (11, 5.966667) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 4

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 12) m

Right Coordinate: (24.1, 1.5) m

## Piezometric Lines

### Piezometric Line 1

#### Coordinates

|              | X      | Y   |
|--------------|--------|-----|
| Coordinate 1 | 0 m    | 1 m |
| Coordinate 2 | 11 m   | 1 m |
| Coordinate 3 | 16.7 m | 2 m |
| Coordinate 4 | 24 m   | 2 m |

## Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.093

Vert Seismic Coef.: 0.047

## Geometry

Name: [2D Geometry](#)

### Settings

View: [2D](#)

Element Thickness: 1 m

### Points

|          | X      | Y      |
|----------|--------|--------|
| Point 1  | 0 m    | 12 m   |
| Point 2  | 3.7 m  | 9.5 m  |
| Point 3  | 5.7 m  | 9.5 m  |
| Point 4  | 11.7 m | 5.5 m  |
| Point 5  | 13.8 m | 5.5 m  |
| Point 6  | 15.7 m | 1.5 m  |
| Point 7  | 24.1 m | 1.5 m  |
| Point 8  | 24.1 m | -6.8 m |
| Point 9  | 0 m    | -6.8 m |
| Point 10 | 15.7 m | 2.5 m  |

|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| Point 11 | 17.7 m | 2.5 m  |
| Point 12 | 17.7 m | 1.5 m  |
| Point 13 | 16.7 m | 2.5 m  |
| Point 14 | 15.7 m | 3.5 m  |
| Point 15 | 16.7 m | 3.5 m  |
| Point 16 | 16.2 m | 3.5 m  |
| Point 17 | 15.2 m | 3.5 m  |
| Point 18 | 15.2 m | 4.5 m  |
| Point 19 | 16.2 m | 4.5 m  |
| Point 20 | 15.7 m | 4.5 m  |
| Point 21 | 15.7 m | 5.5 m  |
| Point 22 | 14.7 m | 5.5 m  |
| Point 23 | 14.7 m | 4.5 m  |
| Point 24 | 13.8 m | 5.4 m  |
| Point 25 | 0 m    | 9.6 m  |
| Point 26 | 10.7 m | 3.7 m  |
| Point 27 | 13.9 m | 0.6 m  |
| Point 28 | 17.7 m | -0.1 m |
| Point 29 | 24.1 m | -0.1 m |

## Regions

|          | Material          | Points                          | Area                  |
|----------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Gabbioni sisma    | 10,6,12,11,13                   | 2 m <sup>2</sup>      |
| Region 2 | Gabbioni sisma    | 15,13,10,14,16                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 3 | Gabbioni sisma    | 19,16,14,17,18,20               | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 4 | Gabbioni sisma    | 21,20,18,23,22                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 5 | Riempimento sisma | 5,22,23,18,17,14,10,6           | 2.3 m <sup>2</sup>    |
| Region 6 | LSA SISMA         | 25,9,8,29,28,27,26              | 242.23 m <sup>2</sup> |
| Region 7 | DT SISMA          | 25,1,2,3,4,5,6,12,7,29,28,27,26 | 56.23 m <sup>2</sup>  |

## Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 934 of 1280 converged

## Current Slip Surface

Slip Surface: 78

Factor of Safety: 1.424

Volume: 16.505823 m<sup>3</sup>

Weight: 330.11645 kN

Resisting Moment: 2,644.6409 kN·m

Activating Moment: 1,857.4211 kN·m

Resisting Force: 204.6967 kN

Activating Force: 143.75352 kN

Slip Rank: 1 of 1,280 slip surfaces

Exit: (11, 5.9666668) m

Entry: (0.1022048, 11.930943) m

Radius: 11.400905 m

Center: (10.140885, 17.335156) m

**Slip Slices**

|          | X            | Y           | PWP            | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|--------------|-------------|----------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Slice 1  | 0.28209456 m | 11.620596 m | -104.15618 kPa | -0.57467998 kPa     | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 2  | 0.64187408 m | 11.038856 m | -98.451057 kPa | 1.9837541 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 3  | 1.0016536 m  | 10.526014 m | -93.421621 kPa | 3.9350515 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 4  | 1.3614331 m  | 10.067263 m | -88.922651 kPa | 5.4654652 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 5  | 1.7212126 m  | 9.6528056 m | -84.858064 kPa | 6.6951657 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 6  | 2.0809922 m  | 9.2757501 m | -81.160281 kPa | 7.7051495 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 7  | 2.4407717 m  | 8.9310291 m | -77.779602 kPa | 8.5514727 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 8  | 2.8005512 m  | 8.6147872 m | -74.678218 kPa | 9.2732479 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 9  | 3.1603307 m  | 8.3240127 m | -71.826593 kPa | 9.8972441 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 10 | 3.5201102 m  | 8.0563023 m | -69.201156 kPa | 10.440546 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 11 | 3.8666667 m  | 7.8180685 m | -66.864798 kPa | 11.73119 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 12 | 4.2 m        | 7.6064166 m | -64.789127 kPa | 13.83788 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 13 | 4.5333333 m  | 7.4104726 m | -62.867505 kPa | 15.980559 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 14 | 4.8666667 m  | 7.2293211 m | -61.090952 kPa | 18.173151 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 15 | 5.2 m        | 7.0621782 m | -59.451781 kPa | 20.422538 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 16 | 5.5333333 m  | 6.908369 m  | -57.943375 kPa | 22.727549 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 17 | 5.8766667 m  | 6.7634591 m | -56.522244 kPa | 24.094228 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 18 | 6.23 m       | 6.6276714 m | -55.190574 kPa | 24.389006 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 19 | 6.5833333 m  | 6.5051112 m | -53.988626 kPa | 24.508843 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 20 | 6.9366667 m  | 6.3953334 m | -52.912035 kPa | 24.402443 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 21 | 7.29 m       | 6.297956 m  | -51.957054 kPa | 24.017804 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 22 | 7.6433333 m  | 6.212653 m  | -51.120488 kPa | 23.306739 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 23 | 7.9966667 m  | 6.139148 m  | -50.399624 kPa | 22.230226 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 24 | 8.35 m       | 6.0772098 m | -49.792196 kPa | 20.76391 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |

|          |             |             |                |               |       |       |          |
|----------|-------------|-------------|----------------|---------------|-------|-------|----------|
| Slice 25 | 8.7033333 m | 6.026648 m  | -49.296337 kPa | 18.902838 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 26 | 9.0566667 m | 5.9873105 m | -48.910554 kPa | 16.664345 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 27 | 9.41 m      | 5.9590806 m | -48.633703 kPa | 14.088228 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 28 | 9.7633333 m | 5.9418758 m | -48.464976 kPa | 11.23381 kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 29 | 10.116667 m | 5.935646 m  | -48.403881 kPa | 8.1741647 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 30 | 10.47 m     | 5.9403734 m | -48.450242 kPa | 4.9884602 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 31 | 10.823333 m | 5.9560714 m | -48.604192 kPa | 1.75383 kPa   | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |

# Locale 1

---

Report generated using GeoStudio 2021. Copyright © 1991-2020 GEOSLOPE International Ltd.

## File Information

File Version: 11.00

Title: Scavi IN08

Created By: Francesca Lupino

Last Edited By: Francesca Lupino

Revision Number: 33

Date: 06-May-21

Time: 12:10:22 PM

Tool Version: 11.0.1.21429

File Name: Scavi\_IN08.gsz

Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA\_PV3\TP05\_IN08\

Last Solved Date: 06-May-21

Last Solved Time: 12:10:30 PM

## Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

## Analysis Settings

### Locale 1

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

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 Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.001

#### Solution Settings

Search Method: [Root Finder](#)

Tolerable difference between starting and converged F of S: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

## Materials

### LSA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 12 kPa

Effective Friction Angle: 20.5 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Riempimento

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 32 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### DT

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 4 kPa

Effective Friction Angle: 23 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Gabbioni

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 40 kPa

Effective Friction Angle: 39 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Type: [Range](#)

Left-Zone Left Coordinate: (0.169005, 11.885807) m

Left-Zone Right Coordinate: (2.96, 10) m

Left-Zone Increment: 8



Right Type: [Range](#)

Right-Zone Left Coordinate: (4.957, 9.5) m

Right-Zone Right Coordinate: (9, 7.3) m

Right-Zone Increment: 8

Radius Increments: 4

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 12) m

Right Coordinate: (24.1, 1.5) m

## Piezometric Lines

### Piezometric Line 1

#### Coordinates

|              | X      | Y   |
|--------------|--------|-----|
| Coordinate 1 | 0 m    | 2 m |
| Coordinate 2 | 11 m   | 2 m |
| Coordinate 3 | 16.7 m | 3 m |
| Coordinate 4 | 24 m   | 3 m |

## Geometry

Name: [2D Geometry](#)

### Settings

View: [2D](#)

Element Thickness: 1 m

### Points

|          | X      | Y      |
|----------|--------|--------|
| Point 1  | 0 m    | 12 m   |
| Point 2  | 3.7 m  | 9.5 m  |
| Point 3  | 5.7 m  | 9.5 m  |
| Point 4  | 11.7 m | 5.5 m  |
| Point 5  | 13.8 m | 5.5 m  |
| Point 6  | 15.7 m | 1.5 m  |
| Point 7  | 24.1 m | 1.5 m  |
| Point 8  | 24.1 m | -6.8 m |
| Point 9  | 0 m    | -6.8 m |
| Point 10 | 15.7 m | 2.5 m  |
| Point 11 | 17.7 m | 2.5 m  |
| Point 12 | 17.7 m | 1.5 m  |
| Point 13 | 16.7 m | 2.5 m  |
| Point 14 | 15.7 m | 3.5 m  |
| Point 15 | 16.7 m | 3.5 m  |

|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| Point 16 | 16.2 m | 3.5 m  |
| Point 17 | 15.2 m | 3.5 m  |
| Point 18 | 15.2 m | 4.5 m  |
| Point 19 | 16.2 m | 4.5 m  |
| Point 20 | 15.7 m | 4.5 m  |
| Point 21 | 15.7 m | 5.5 m  |
| Point 22 | 14.7 m | 5.5 m  |
| Point 23 | 14.7 m | 4.5 m  |
| Point 24 | 13.8 m | 5.4 m  |
| Point 25 | 0 m    | 9.6 m  |
| Point 26 | 10.7 m | 3.7 m  |
| Point 27 | 13.9 m | 0.6 m  |
| Point 28 | 17.7 m | -0.1 m |
| Point 29 | 24.1 m | -0.1 m |

## Regions

|          | Material    | Points                          | Area                  |
|----------|-------------|---------------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Gabbioni    | 10,6,12,11,13                   | 2 m <sup>2</sup>      |
| Region 2 | Gabbioni    | 15,13,10,14,16                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 3 | Gabbioni    | 19,16,14,17,18,20               | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 4 | Gabbioni    | 21,20,18,23,22                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 5 | Riempimento | 5,22,23,18,17,14,10,6           | 2.3 m <sup>2</sup>    |
| Region 6 | LSA         | 25,9,8,29,28,27,26              | 242.23 m <sup>2</sup> |
| Region 7 | DT          | 25,1,2,3,4,5,6,12,7,29,28,27,26 | 56.23 m <sup>2</sup>  |

## Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 273 of 405 converged

## Current Slip Surface

Slip Surface: 43

Factor of Safety: 1.670

Volume: 9.9558823 m<sup>3</sup>

Weight: 199.11765 kN

Resisting Moment: 1,096.5015 kN·m

Activating Moment: 656.53415 kN·m

Resisting Force: 108.18773 kN

Activating Force: 64.786801 kN

Slip Rank: 1 of 405 slip surfaces

Exit: (9, 7.3) m

Entry: (0.1690052, 11.885807) m

Radius: 8.9454282 m

Center: (8.010559, 16.190539) m

## Slip Slices

|  | X | Y | PWP | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|--|---|---|-----|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
|--|---|---|-----|---------------------|-------------------|------------------|---------------|

|          |              |             |                |                 |       |       |    |
|----------|--------------|-------------|----------------|-----------------|-------|-------|----|
| Slice 1  | 0.31612998 m | 11.63719 m  | -94.511923 kPa | -0.26655362 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 2  | 0.61037955 m | 11.171643 m | -89.9463 kPa   | 1.4721661 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 3  | 0.90462912 m | 10.762123 m | -85.930137 kPa | 2.8005297 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 4  | 1.1988787 m  | 10.396566 m | -82.345119 kPa | 3.8397231 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 5  | 1.4931283 m  | 10.06701 m  | -79.113165 kPa | 4.6668863 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 6  | 1.7873778 m  | 9.7678661 m | -76.179463 kPa | 5.3332738 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 7  | 2.0816274 m  | 9.4950308 m | -73.503767 kPa | 5.8736378 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 8  | 2.375877 m   | 9.2453865 m | -71.055505 kPa | 6.311483 kPa    | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 9  | 2.6701265 m  | 9.0165012 m | -68.810827 kPa | 6.662191 kPa    | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 10 | 2.9643761 m  | 8.806437 m  | -66.750728 kPa | 6.9349651 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 11 | 3.2586257 m  | 8.6136235 m | -64.859806 kPa | 7.1340866 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 12 | 3.5528752 m  | 8.43677 m   | -63.125404 kPa | 7.2597597 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 13 | 3.8428571 m  | 8.2769513 m | -61.558061 kPa | 7.9588606 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 14 | 4.1285714 m  | 8.1328901 m | -60.145254 kPa | 9.274957 kPa    | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 15 | 4.4142857 m  | 8.0013295 m | -58.855038 kPa | 10.574422 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 16 | 4.7 m        | 7.8816745 m | -57.681582 kPa | 11.854502 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 17 | 4.9857143 m  | 7.7734167 m | -56.619897 kPa | 13.107994 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 18 | 5.2714286 m  | 7.6761205 m | -55.665714 kPa | 14.323233 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 19 | 5.5571429 m  | 7.5894136 m | -54.815379 kPa | 15.484264 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 20 | 5.85 m       | 7.5113243 m | -54.049557 kPa | 15.795899 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 21 | 6.15 m       | 7.4420831 m | -53.370509 kPa | 15.175571 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 22 | 6.45 m       | 7.3836027 m | -52.796992 kPa | 14.357712 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 23 | 6.75 m       | 7.3356696 m | -52.326912 kPa | 13.331387 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 24 | 7.05 m       | 7.298113 m  | -51.958594 kPa | 12.093458 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 25 | 7.35 m       | 7.2708016 m | -51.690751 kPa | 10.649892 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |

|          |        |             |                |               |       |       |    |
|----------|--------|-------------|----------------|---------------|-------|-------|----|
| Slice 26 | 7.65 m | 7.2536415 m | -51.522462 kPa | 9.0162381 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 27 | 7.95 m | 7.2465741 m | -51.453152 kPa | 7.2170489 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 28 | 8.25 m | 7.2495755 m | -51.482587 kPa | 5.2842033 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 29 | 8.55 m | 7.2626558 m | -51.610865 kPa | 3.2542896 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 30 | 8.85 m | 7.2858596 m | -51.838425 kPa | 1.1653918 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |

# Locale 2 SISMA

---

Report generated using GeoStudio 2021. Copyright © 1991-2020 GEOSLOPE International Ltd.

## File Information

File Version: 11.00

Title: Scavi IN08

Created By: Francesca Lupino

Last Edited By: Francesca Lupino

Revision Number: 33

Date: 06-May-21

Time: 12:10:22 PM

Tool Version: 11.0.1.21429

File Name: Scavi\_IN08.gsz

Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA\_PV3\TP05\_IN08\

Last Solved Date: 06-May-21

Last Solved Time: 12:10:32 PM

## Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

## Analysis Settings

### Locale 2 SISMA

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

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 Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.001

#### Solution Settings

Search Method: [Root Finder](#)

Tolerable difference between starting and converged F of S: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

## Materials

### LSA SISMA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 15 kPa

Effective Friction Angle: 25 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Gabbioni sisma

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 50 kPa

Effective Friction Angle: 45 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Riempimento sisma

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 38 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### DT SISMA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 5 kPa

Effective Friction Angle: 28 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Type: [Range](#)

Left-Zone Left Coordinate: (0.102205, 11.930943) m

Left-Zone Right Coordinate: (7.95, 8) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: [Range](#)

Right-Zone Left Coordinate: (9.45, 7) m

Right-Zone Right Coordinate: (15, 5.5) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 4

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 12) m

Right Coordinate: (24.1, 1.5) m

## Piezometric Lines

### Piezometric Line 1

#### Coordinates

|              | X      | Y   |
|--------------|--------|-----|
| Coordinate 1 | 0 m    | 1 m |
| Coordinate 2 | 11 m   | 1 m |
| Coordinate 3 | 16.7 m | 2 m |
| Coordinate 4 | 24 m   | 2 m |

## Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.093

Vert Seismic Coef.: 0.047

## Geometry

Name: [2D Geometry](#)

### Settings

View: [2D](#)

Element Thickness: 1 m

### Points

|          | X      | Y      |
|----------|--------|--------|
| Point 1  | 0 m    | 12 m   |
| Point 2  | 3.7 m  | 9.5 m  |
| Point 3  | 5.7 m  | 9.5 m  |
| Point 4  | 11.7 m | 5.5 m  |
| Point 5  | 13.8 m | 5.5 m  |
| Point 6  | 15.7 m | 1.5 m  |
| Point 7  | 24.1 m | 1.5 m  |
| Point 8  | 24.1 m | -6.8 m |
| Point 9  | 0 m    | -6.8 m |
| Point 10 | 15.7 m | 2.5 m  |

|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| Point 11 | 17.7 m | 2.5 m  |
| Point 12 | 17.7 m | 1.5 m  |
| Point 13 | 16.7 m | 2.5 m  |
| Point 14 | 15.7 m | 3.5 m  |
| Point 15 | 16.7 m | 3.5 m  |
| Point 16 | 16.2 m | 3.5 m  |
| Point 17 | 15.2 m | 3.5 m  |
| Point 18 | 15.2 m | 4.5 m  |
| Point 19 | 16.2 m | 4.5 m  |
| Point 20 | 15.7 m | 4.5 m  |
| Point 21 | 15.7 m | 5.5 m  |
| Point 22 | 14.7 m | 5.5 m  |
| Point 23 | 14.7 m | 4.5 m  |
| Point 24 | 13.8 m | 5.4 m  |
| Point 25 | 0 m    | 9.6 m  |
| Point 26 | 10.7 m | 3.7 m  |
| Point 27 | 13.9 m | 0.6 m  |
| Point 28 | 17.7 m | -0.1 m |
| Point 29 | 24.1 m | -0.1 m |

## Regions

|          | Material          | Points                          | Area                  |
|----------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Gabbioni sisma    | 10,6,12,11,13                   | 2 m <sup>2</sup>      |
| Region 2 | Gabbioni sisma    | 15,13,10,14,16                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 3 | Gabbioni sisma    | 19,16,14,17,18,20               | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 4 | Gabbioni sisma    | 21,20,18,23,22                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 5 | Riempimento sisma | 5,22,23,18,17,14,10,6           | 2.3 m <sup>2</sup>    |
| Region 6 | LSA SISMA         | 25,9,8,29,28,27,26              | 242.23 m <sup>2</sup> |
| Region 7 | DT SISMA          | 25,1,2,3,4,5,6,12,7,29,28,27,26 | 56.23 m <sup>2</sup>  |

## Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1040 of 1280 converged

## Current Slip Surface

Slip Surface: 758

Factor of Safety: 1.327

Volume: 8.0384488 m<sup>3</sup>

Weight: 160.76898 kN

Resisting Moment: 910.10469 kN·m

Activating Moment: 685.91978 kN·m

Resisting Force: 103.17057 kN

Activating Force: 77.770995 kN

Slip Rank: 1 of 1,280 slip surfaces

Exit: (11.797779, 5.5) m

Entry: (4.7856682, 9.5) m

Radius: 7.5355662 m

Center: (11.44472, 13.027291) m



**Slip Slices**

|          | X           | Y           | PWP            | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|-------------|-------------|----------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Slice 1  | 4.8999597 m | 9.2993502 m | -81.391728 kPa | -0.63528327 kPa     | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 2  | 5.1285426 m | 8.9228226 m | -77.699121 kPa | 2.1032411 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 3  | 5.3571256 m | 8.5901413 m | -74.436515 kPa | 4.392909 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 4  | 5.5857085 m | 8.2919263 m | -71.511921 kPa | 6.3851943 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 5  | 5.8152174 m | 8.0209556 m | -68.854512 kPa | 7.7064461 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 6  | 6.0456522 m | 7.7730042 m | -66.422853 kPa | 8.4278839 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 7  | 6.276087 m  | 7.5459674 m | -64.196302 kPa | 9.0777749 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 8  | 6.5065217 m | 7.337328 m  | -62.150176 kPa | 9.6829194 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 9  | 6.7369565 m | 7.1451196 m | -60.265188 kPa | 10.262311 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 10 | 6.9673913 m | 6.9677728 m | -58.525948 kPa | 10.828739 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 11 | 7.1978261 m | 6.8040129 m | -56.919954 kPa | 11.389588 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 12 | 7.4282609 m | 6.6527897 m | -55.436908 kPa | 11.947154 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 13 | 7.6586957 m | 6.513228 m  | -54.068227 kPa | 12.498638 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 14 | 7.8891304 m | 6.3845912 m | -52.806685 kPa | 13.035924 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 15 | 8.1195652 m | 6.2662543 m | -51.646156 kPa | 13.545255 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 16 | 8.35 m      | 6.1576843 m | -50.58141 kPa  | 14.006955 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 17 | 8.5804348 m | 6.0584238 m | -49.607962 kPa | 14.395396 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 18 | 8.8108696 m | 5.9680795 m | -48.721956 kPa | 14.679428 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 19 | 9.0413043 m | 5.8863126 m | -47.920068 kPa | 14.823499 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 20 | 9.2717391 m | 5.812831 m  | -47.199434 kPa | 14.789682 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 21 | 9.5021739 m | 5.7473835 m | -46.55759 kPa  | 14.540685 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 22 | 9.7326087 m | 5.6897549 m | -45.992426 kPa | 14.04374 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 23 | 9.9630435 m | 5.639762 m  | -45.502146 kPa | 13.274996 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 24 | 10.193478 m | 5.5972505 m | -45.085236 kPa | 12.22372 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |

|          |                |                |                   |                   |       |       |          |
|----------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------|-------|----------|
| Slice 25 | 10.423913<br>m | 5.5620925<br>m | -44.740441<br>kPa | 10.895436<br>kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 26 | 10.654348<br>m | 5.5341842<br>m | -44.466745<br>kPa | 9.3131556<br>kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 27 | 10.884783<br>m | 5.513445<br>m  | -44.263355<br>kPa | 7.5161233<br>kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 28 | 11.116667<br>m | 5.4997745<br>m | -43.928561<br>kPa | 5.5431398<br>kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 29 | 11.35 m        | 5.4932234<br>m | -43.462857<br>kPa | 3.4517835<br>kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 30 | 11.583333<br>m | 5.4939032<br>m | -43.068069<br>kPa | 1.3147403<br>kPa  | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 31 | 11.74889<br>m  | 5.4980249<br>m | -42.823646<br>kPa | 0.17242352<br>kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |

# Locale 2

---

Report generated using GeoStudio 2021. Copyright © 1991-2020 GEOSLOPE International Ltd.

## File Information

File Version: 11.00

Title: Scavi IN08

Created By: Francesca Lupino

Last Edited By: Francesca Lupino

Revision Number: 33

Date: 06-May-21

Time: 12:10:22 PM

Tool Version: 11.0.1.21429

File Name: Scavi\_IN08.gsz

Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA\_PV3\TP05\_IN08\

Last Solved Date: 06-May-21

Last Solved Time: 12:10:30 PM

## Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

## Analysis Settings

### Locale 2

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

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 Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.001

#### Solution Settings

Search Method: [Root Finder](#)

Tolerable difference between starting and converged F of S: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

## Materials

### LSA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 12 kPa

Effective Friction Angle: 20.5 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Riempimento

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 32 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### DT

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 4 kPa

Effective Friction Angle: 23 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Gabbioni

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 40 kPa

Effective Friction Angle: 39 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Type: [Range](#)

Left-Zone Left Coordinate: (0.196171, 11.867452) m

Left-Zone Right Coordinate: (6.45, 9) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: [Range](#)

Right-Zone Left Coordinate: (10.843615, 6.070923) m

Right-Zone Right Coordinate: (15, 5.5) m

Right-Zone Increment: 8

Radius Increments: 4

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 12) m

Right Coordinate: (24.1, 1.5) m

## Piezometric Lines

### Piezometric Line 1

#### Coordinates

|              | X      | Y   |
|--------------|--------|-----|
| Coordinate 1 | 0 m    | 2 m |
| Coordinate 2 | 11 m   | 2 m |
| Coordinate 3 | 16.7 m | 3 m |
| Coordinate 4 | 24 m   | 3 m |

## Geometry

Name: [2D Geometry](#)

### Settings

View: [2D](#)

Element Thickness: 1 m

### Points

|          | X      | Y      |
|----------|--------|--------|
| Point 1  | 0 m    | 12 m   |
| Point 2  | 3.7 m  | 9.5 m  |
| Point 3  | 5.7 m  | 9.5 m  |
| Point 4  | 11.7 m | 5.5 m  |
| Point 5  | 13.8 m | 5.5 m  |
| Point 6  | 15.7 m | 1.5 m  |
| Point 7  | 24.1 m | 1.5 m  |
| Point 8  | 24.1 m | -6.8 m |
| Point 9  | 0 m    | -6.8 m |
| Point 10 | 15.7 m | 2.5 m  |
| Point 11 | 17.7 m | 2.5 m  |
| Point 12 | 17.7 m | 1.5 m  |
| Point 13 | 16.7 m | 2.5 m  |
| Point 14 | 15.7 m | 3.5 m  |
| Point 15 | 16.7 m | 3.5 m  |

|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| Point 16 | 16.2 m | 3.5 m  |
| Point 17 | 15.2 m | 3.5 m  |
| Point 18 | 15.2 m | 4.5 m  |
| Point 19 | 16.2 m | 4.5 m  |
| Point 20 | 15.7 m | 4.5 m  |
| Point 21 | 15.7 m | 5.5 m  |
| Point 22 | 14.7 m | 5.5 m  |
| Point 23 | 14.7 m | 4.5 m  |
| Point 24 | 13.8 m | 5.4 m  |
| Point 25 | 0 m    | 9.6 m  |
| Point 26 | 10.7 m | 3.7 m  |
| Point 27 | 13.9 m | 0.6 m  |
| Point 28 | 17.7 m | -0.1 m |
| Point 29 | 24.1 m | -0.1 m |

## Regions

|          | Material    | Points                          | Area                  |
|----------|-------------|---------------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Gabbioni    | 10,6,12,11,13                   | 2 m <sup>2</sup>      |
| Region 2 | Gabbioni    | 15,13,10,14,16                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 3 | Gabbioni    | 19,16,14,17,18,20               | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 4 | Gabbioni    | 21,20,18,23,22                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 5 | Riempimento | 5,22,23,18,17,14,10,6           | 2.3 m <sup>2</sup>    |
| Region 6 | LSA         | 25,9,8,29,28,27,26              | 242.23 m <sup>2</sup> |
| Region 7 | DT          | 25,1,2,3,4,5,6,12,7,29,28,27,26 | 56.23 m <sup>2</sup>  |

## Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 571 of 720 converged

## Current Slip Surface

Slip Surface: 508

Factor of Safety: 1.261

Volume: 8.3743682 m<sup>3</sup>

Weight: 167.48736 kN

Resisting Moment: 748.38286 kN·m

Activating Moment: 593.3627 kN·m

Resisting Force: 84.351254 kN

Activating Force: 66.90936 kN

Slip Rank: 1 of 720 slip surfaces

Exit: (11.753065, 5.5) m

Entry: (4.7000392, 9.5) m

Radius: 7.5504109 m

Center: (11.368822, 13.040627) m

## Slip Slices

|  | X | Y | PWP | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|--|---|---|-----|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
|--|---|---|-----|---------------------|-------------------|------------------|---------------|

|          |             |             |                |                 |       |       |    |
|----------|-------------|-------------|----------------|-----------------|-------|-------|----|
| Slice 1  | 4.8250343 m | 9.282362 m  | -71.418124 kPa | -0.24613539 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 2  | 5.0750245 m | 8.8758326 m | -67.43129 kPa  | 2.1380344 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 3  | 5.3250147 m | 8.5198363 m | -63.940035 kPa | 4.1634468 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 4  | 5.5750049 m | 8.2030293 m | -60.833108 kPa | 5.9549886 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 5  | 5.8152174 m | 7.9281679 m | -58.137542 kPa | 7.1266893 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 6  | 6.0456522 m | 7.6884164 m | -55.786299 kPa | 7.7283893 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 7  | 6.276087 m  | 7.468519 m  | -53.629766 kPa | 8.2708605 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 8  | 6.5065217 m | 7.2661963 m | -51.645587 kPa | 8.7697309 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 9  | 6.7369565 m | 7.0796511 m | -49.816139 kPa | 9.2351607 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 10 | 6.9673913 m | 6.9074388 m | -48.127253 kPa | 9.6729208 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 11 | 7.1978261 m | 6.7483789 m | -46.567352 kPa | 10.085032 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 12 | 7.4282609 m | 6.6014941 m | -45.126853 kPa | 10.470124 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 13 | 7.6586957 m | 6.4659665 m | -43.797734 kPa | 10.823629 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 14 | 7.8891304 m | 6.3411053 m | -42.57322 kPa  | 11.137891 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 15 | 8.1195652 m | 6.2263231 m | -41.447551 kPa | 11.402287 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 16 | 8.35 m      | 6.1211175 m | -40.415799 kPa | 11.603422 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 17 | 8.5804348 m | 6.0250569 m | -39.473733 kPa | 11.725488 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 18 | 8.8108696 m | 5.9377697 m | -38.617707 kPa | 11.750859 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 19 | 9.0413043 m | 5.8589356 m | -37.844581 kPa | 11.660982 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 20 | 9.2717391 m | 5.7882786 m | -37.151648 kPa | 11.437591 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 21 | 9.5021739 m | 5.7255614 m | -36.536581 kPa | 11.064223 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 22 | 9.7326087 m | 5.6705812 m | -35.997389 kPa | 10.527923 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 23 | 9.9630435 m | 5.6231656 m | -35.532385 kPa | 9.8209846 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 24 | 10.193478 m | 5.5831703 m | -35.140151 kPa | 8.9424435 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 25 | 10.423913 m | 5.5504762 m | -34.81952 kPa  | 7.8990771 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |

|          |             |             |                |                 |       |       |    |
|----------|-------------|-------------|----------------|-----------------|-------|-------|----|
| Slice 26 | 10.654348 m | 5.524988 m  | -34.569557 kPa | 6.705631 kPa    | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 27 | 10.884783 m | 5.5066324 m | -34.389544 kPa | 5.3841337 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 28 | 11.116667 m | 5.4953311 m | -34.077984 kPa | 3.9529468 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 29 | 11.35 m     | 5.4911414 m | -33.635439 kPa | 2.4424799 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 30 | 11.583333 m | 5.4941668 m | -33.263654 kPa | 0.89411148 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 31 | 11.726533 m | 5.4987416 m | -33.06214 kPa  | 0.094330227 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |



# Locale 3 SISMA

---

Report generated using GeoStudio 2021. Copyright © 1991-2020 GEOSLOPE International Ltd.

## File Information

File Version: 11.00

Title: Scavi IN08

Created By: Francesca Lupino

Last Edited By: Francesca Lupino

Revision Number: 33

Date: 06-May-21

Time: 12:10:22 PM

Tool Version: 11.0.1.21429

File Name: Scavi\_IN08.gsz

Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA\_PV3\TP05\_IN08\

Last Solved Date: 06-May-21

Last Solved Time: 12:10:34 PM

## Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

## Analysis Settings

### Locale 3 SISMA

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

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 Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.001

#### Solution Settings

Search Method: [Root Finder](#)

Tolerable difference between starting and converged F of S: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

## Materials

### LSA SISMA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 15 kPa

Effective Friction Angle: 25 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Gabbioni sisma

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 50 kPa

Effective Friction Angle: 45 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Riempimento sisma

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 38 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### DT SISMA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 5 kPa

Effective Friction Angle: 28 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Type: [Range](#)

Left-Zone Left Coordinate: (9.45, 7) m

Left-Zone Right Coordinate: (15, 5.5) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: [Range](#)

Right-Zone Left Coordinate: (16, 4.5) m

Right-Zone Right Coordinate: (22, 1.5) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 4

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 12) m

Right Coordinate: (24.1, 1.5) m

## Piezometric Lines

### Piezometric Line 1

#### Coordinates

|              | X      | Y   |
|--------------|--------|-----|
| Coordinate 1 | 0 m    | 1 m |
| Coordinate 2 | 11 m   | 1 m |
| Coordinate 3 | 16.7 m | 2 m |
| Coordinate 4 | 24 m   | 2 m |

## Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.093

Vert Seismic Coef.: 0.047

## Geometry

Name: [2D Geometry](#)

### Settings

View: [2D](#)

Element Thickness: 1 m

### Points

|          | X      | Y      |
|----------|--------|--------|
| Point 1  | 0 m    | 12 m   |
| Point 2  | 3.7 m  | 9.5 m  |
| Point 3  | 5.7 m  | 9.5 m  |
| Point 4  | 11.7 m | 5.5 m  |
| Point 5  | 13.8 m | 5.5 m  |
| Point 6  | 15.7 m | 1.5 m  |
| Point 7  | 24.1 m | 1.5 m  |
| Point 8  | 24.1 m | -6.8 m |
| Point 9  | 0 m    | -6.8 m |
| Point 10 | 15.7 m | 2.5 m  |

|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| Point 11 | 17.7 m | 2.5 m  |
| Point 12 | 17.7 m | 1.5 m  |
| Point 13 | 16.7 m | 2.5 m  |
| Point 14 | 15.7 m | 3.5 m  |
| Point 15 | 16.7 m | 3.5 m  |
| Point 16 | 16.2 m | 3.5 m  |
| Point 17 | 15.2 m | 3.5 m  |
| Point 18 | 15.2 m | 4.5 m  |
| Point 19 | 16.2 m | 4.5 m  |
| Point 20 | 15.7 m | 4.5 m  |
| Point 21 | 15.7 m | 5.5 m  |
| Point 22 | 14.7 m | 5.5 m  |
| Point 23 | 14.7 m | 4.5 m  |
| Point 24 | 13.8 m | 5.4 m  |
| Point 25 | 0 m    | 9.6 m  |
| Point 26 | 10.7 m | 3.7 m  |
| Point 27 | 13.9 m | 0.6 m  |
| Point 28 | 17.7 m | -0.1 m |
| Point 29 | 24.1 m | -0.1 m |

## Regions

|          | Material          | Points                          | Area                  |
|----------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Gabbioni sisma    | 10,6,12,11,13                   | 2 m <sup>2</sup>      |
| Region 2 | Gabbioni sisma    | 15,13,10,14,16                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 3 | Gabbioni sisma    | 19,16,14,17,18,20               | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 4 | Gabbioni sisma    | 21,20,18,23,22                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 5 | Riempimento sisma | 5,22,23,18,17,14,10,6           | 2.3 m <sup>2</sup>    |
| Region 6 | LSA SISMA         | 25,9,8,29,28,27,26              | 242.23 m <sup>2</sup> |
| Region 7 | DT SISMA          | 25,1,2,3,4,5,6,12,7,29,28,27,26 | 56.23 m <sup>2</sup>  |

## Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 954 of 1280 converged

## Current Slip Surface

Slip Surface: 860

Factor of Safety: 1.214

Volume: 12.273285 m<sup>3</sup>

Weight: 238.16569 kN

Resisting Moment: 720.21344 kN·m

Activating Moment: 593.61734 kN·m

Resisting Force: 126.26333 kN

Activating Force: 103.9945 kN

Slip Rank: 1 of 1,280 slip surfaces

Exit: (19.6, 1.5) m

Entry: (12.998612, 5.5) m

Radius: 4.6385003 m

Center: (17.632769, 5.7006772) m

## Slip Slices

|          | X           | Y           | PWP              | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|-------------|-------------|------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Slice 1  | 13.098786 m | 4.9189776 m | -34.822398 kPa   | -1.5790775 kPa      | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 2  | 13.299133 m | 4.0714933 m | -26.166417 kPa   | 4.4168 kPa          | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 3  | 13.49948 m  | 3.6072478 m | -21.268859 kPa   | 7.8235128 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 4  | 13.699827 m | 3.2487817 m | -17.40868 kPa    | 10.475101 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 5  | 13.9125 m   | 2.9366773 m | -13.981961 kPa   | 12.802327 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 6  | 14.1375 m   | 2.6561017 m | -10.843238 kPa   | 14.984263 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 7  | 14.3625 m   | 2.4149765 m | -8.091405 kPa    | 17.077279 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 8  | 14.5875 m   | 2.2050002 m | -5.6450484 kPa   | 19.184036 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 9  | 14.825 m    | 2.011851 m  | -3.34221 kPa     | 21.500961 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 10 | 15.075 m    | 1.8340199 m | -1.1680886 kPa   | 24.12529 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 11 | 15.209192 m | 1.7457003 m | -0.071057128 kPa | 25.649271 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 12 | 15.303211 m | 1.6907869 m | 0.62924094 kPa   | 26.403817 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 13 | 15.472865 m | 1.5968606 m | 1.8422703 kPa    | 27.812872 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 14 | 15.628846 m | 1.518124 m  | 2.8828098 kPa    | 29.241942 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 15 | 15.825 m    | 1.4311071 m | 4.0736719 kPa    | 22.870841 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 16 | 16.075 m    | 1.3335928 m | 5.4601267 kPa    | 25.393212 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 17 | 16.325 m    | 1.2522563 m | 6.6879254 kPa    | 18.540292 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 18 | 16.575 m    | 1.1862197 m | 7.7656772 kPa    | 20.871277 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 19 | 16.8 m      | 1.1386769 m | 8.4469959 kPa    | 12.246266 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 20 | 17 m        | 1.1066487 m | 8.7610966 kPa    | 13.837319 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 21 | 17.2 m      | 1.0835019 m | 8.988097 kPa     | 15.34334 kPa        | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 22 | 17.4 m      | 1.0691031 m | 9.1293055 kPa    | 16.679714 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 23 | 17.6 m      | 1.0633708 m | 9.1855227 kPa    | 19.961662 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |
| Slice 24 | 17.805556 m | 1.0665999 m | 9.153855 kPa     | 8.2830262 kPa       | 5 kPa             | 0 kPa            | DT SISMA      |

|          |             |             |               |               |       |       |          |
|----------|-------------|-------------|---------------|---------------|-------|-------|----------|
| Slice 25 | 18.016667 m | 1.0793041 m | 9.0292645 kPa | 8.5125422 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 26 | 18.227778 m | 1.1017293 m | 8.8093406 kPa | 8.3846055 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 27 | 18.438889 m | 1.134019 m  | 8.4926759 kPa | 7.8935834 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 28 | 18.65 m     | 1.1763848 m | 8.0771944 kPa | 7.0697562 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 29 | 18.861111 m | 1.2291138 m | 7.5600807 kPa | 5.9757656 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 30 | 19.072222 m | 1.2925789 m | 6.9376788 kPa | 4.6965723 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 31 | 19.283333 m | 1.367253 m  | 6.20535 kPa   | 3.3259363 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |
| Slice 32 | 19.494444 m | 1.4537291 m | 5.3572788 kPa | 1.9533582 kPa | 5 kPa | 0 kPa | DT SISMA |

# Locale 3

---

Report generated using GeoStudio 2021. Copyright © 1991-2020 GEOSLOPE International Ltd.

## File Information

File Version: 11.00

Title: Scavi IN08

Created By: Francesca Lupino

Last Edited By: Francesca Lupino

Revision Number: 33

Date: 06-May-21

Time: 12:10:22 PM

Tool Version: 11.0.1.21429

File Name: Scavi\_IN08.gsz

Directory: W:\public\CMC-BLG-Dissesto idrologico Bolognetta\CALCOLI\ISTRUTTORIA\_PV3\TP05\_IN08\

Last Solved Date: 06-May-21

Last Solved Time: 12:10:34 PM

## Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

## Analysis Settings

### Locale 3

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

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 Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.001

#### Solution Settings

Search Method: [Root Finder](#)

Tolerable difference between starting and converged F of S: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

## Materials

### LSA

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 12 kPa

Effective Friction Angle: 20.5 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Riempimento

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 32 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### DT

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 4 kPa

Effective Friction Angle: 23 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

### Gabbioni

Model: [Mohr-Coulomb](#)

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Effective Cohesion: 40 kPa

Effective Friction Angle: 39 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Type: [Range](#)

Left-Zone Left Coordinate: (11, 5.966667) m

Left-Zone Right Coordinate: (15, 5.5) m

Left-Zone Increment: 15



Right Type: [Range](#)

Right-Zone Left Coordinate: (16.2, 4) m

Right-Zone Right Coordinate: (23, 1.5) m

Right-Zone Increment: 8

Radius Increments: 4

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 12) m

Right Coordinate: (24.1, 1.5) m

## Piezometric Lines

### Piezometric Line 1

#### Coordinates

|              | X      | Y   |
|--------------|--------|-----|
| Coordinate 1 | 0 m    | 2 m |
| Coordinate 2 | 11 m   | 2 m |
| Coordinate 3 | 16.7 m | 3 m |
| Coordinate 4 | 24 m   | 3 m |

## Geometry

Name: [2D Geometry](#)

### Settings

View: [2D](#)

Element Thickness: 1 m

### Points

|          | X      | Y      |
|----------|--------|--------|
| Point 1  | 0 m    | 12 m   |
| Point 2  | 3.7 m  | 9.5 m  |
| Point 3  | 5.7 m  | 9.5 m  |
| Point 4  | 11.7 m | 5.5 m  |
| Point 5  | 13.8 m | 5.5 m  |
| Point 6  | 15.7 m | 1.5 m  |
| Point 7  | 24.1 m | 1.5 m  |
| Point 8  | 24.1 m | -6.8 m |
| Point 9  | 0 m    | -6.8 m |
| Point 10 | 15.7 m | 2.5 m  |
| Point 11 | 17.7 m | 2.5 m  |
| Point 12 | 17.7 m | 1.5 m  |
| Point 13 | 16.7 m | 2.5 m  |
| Point 14 | 15.7 m | 3.5 m  |
| Point 15 | 16.7 m | 3.5 m  |

|          |        |        |
|----------|--------|--------|
| Point 16 | 16.2 m | 3.5 m  |
| Point 17 | 15.2 m | 3.5 m  |
| Point 18 | 15.2 m | 4.5 m  |
| Point 19 | 16.2 m | 4.5 m  |
| Point 20 | 15.7 m | 4.5 m  |
| Point 21 | 15.7 m | 5.5 m  |
| Point 22 | 14.7 m | 5.5 m  |
| Point 23 | 14.7 m | 4.5 m  |
| Point 24 | 13.8 m | 5.4 m  |
| Point 25 | 0 m    | 9.6 m  |
| Point 26 | 10.7 m | 3.7 m  |
| Point 27 | 13.9 m | 0.6 m  |
| Point 28 | 17.7 m | -0.1 m |
| Point 29 | 24.1 m | -0.1 m |

## Regions

|          | Material    | Points                          | Area                  |
|----------|-------------|---------------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Gabbioni    | 10,6,12,11,13                   | 2 m <sup>2</sup>      |
| Region 2 | Gabbioni    | 15,13,10,14,16                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 3 | Gabbioni    | 19,16,14,17,18,20               | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 4 | Gabbioni    | 21,20,18,23,22                  | 1 m <sup>2</sup>      |
| Region 5 | Riempimento | 5,22,23,18,17,14,10,6           | 2.3 m <sup>2</sup>    |
| Region 6 | LSA         | 25,9,8,29,28,27,26              | 242.23 m <sup>2</sup> |
| Region 7 | DT          | 25,1,2,3,4,5,6,12,7,29,28,27,26 | 56.23 m <sup>2</sup>  |

## Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 548 of 720 converged

## Current Slip Surface

Slip Surface: 345

Factor of Safety: 1.149

Volume: 13.280241 m<sup>3</sup>

Weight: 260.60483 kN

Resisting Moment: 567.44102 kN·m

Activating Moment: 493.69724 kN·m

Resisting Force: 96.535357 kN

Activating Force: 83.980322 kN

Slip Rank: 1 of 720 slip surfaces

Exit: (19.5125, 1.5) m

Entry: (12.791309, 5.5) m

Radius: 4.6762804 m

Center: (17.463168, 5.7033124) m

## Slip Slices

|  | X | Y | PWP | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|--|---|---|-----|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
|  |   |   |     |                     |                   |                  |               |

|          |             |             |                |                |       |       |    |
|----------|-------------|-------------|----------------|----------------|-------|-------|----|
| Slice 1  | 12.892178 m | 4.9150664 m | -25.332514 kPa | -1.0718639 kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 2  | 13.093916 m | 4.0616687 m | -16.616147 kPa | 4.0461978 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 3  | 13.295655 m | 3.5939183 m | -11.681823 kPa | 7.1252087 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 4  | 13.497393 m | 3.232718 m  | -7.7924352 kPa | 9.6013246 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 5  | 13.699131 m | 2.933717 m  | -4.5130374 kPa | 11.749485 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 6  | 13.91368 m  | 2.6638731 m | -1.4975396 kPa | 13.813757 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 7  | 14.139467 m | 2.4177095 m | 1.305059 kPa   | 15.412694 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 8  | 14.36368 m  | 2.2049779 m | 3.7770822 kPa  | 16.469945 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 9  | 14.587893 m | 2.0181831 m | 5.9947435 kPa  | 17.527962 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 10 | 14.804808 m | 1.8582525 m | 7.9363892 kPa  | 18.270294 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 11 | 15.014423 m | 1.7213393 m | 9.6397458 kPa  | 19.333165 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 12 | 15.159615 m | 1.634026 m  | 10.745835 kPa  | 20.108929 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 13 | 15.325 m    | 1.5468623 m | 11.885198 kPa  | 20.676307 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 14 | 15.575 m    | 1.4273623 m | 13.487266 kPa  | 22.126395 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 15 | 15.825 m    | 1.3253914 m | 14.917426 kPa  | 15.838545 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 16 | 16.075 m    | 1.2397429 m | 16.187512 kPa  | 17.116735 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 17 | 16.325 m    | 1.1694881 m | 17.306633 kPa  | 10.760764 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 18 | 16.575 m    | 1.1139174 m | 18.281746 kPa  | 12.417697 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 19 | 16.825 m    | 1.0725005 m | 18.902987 kPa  | 6.6564919 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 20 | 17.075 m    | 1.0448587 m | 19.17407 kPa   | 7.5055098 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 21 | 17.325 m    | 1.0307468 m | 19.312466 kPa  | 8.2417546 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 22 | 17.575 m    | 1.0300418 m | 19.31938 kPa   | 13.485154 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 23 | 17.813281 m | 1.0415409 m | 19.206609 kPa  | 4.1353175 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 24 | 18.039844 m | 1.0641301 m | 18.985076 kPa  | 4.204528 kPa   | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice 25 | 18.266406 m | 1.0979695 m | 18.653213 kPa  | 4.1104399 kPa  | 4 kPa | 0 kPa | DT |

|             |                |                |                  |                  |       |       |    |
|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-------|-------|----|
| Slice<br>26 | 18.492969<br>m | 1.1433101<br>m | 18.208558<br>kPa | 3.8473593<br>kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice<br>27 | 18.719531<br>m | 1.2005003<br>m | 17.647694<br>kPa | 3.4187931<br>kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice<br>28 | 18.946094<br>m | 1.2699999<br>m | 16.966111<br>kPa | 2.8375639<br>kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice<br>29 | 19.172656<br>m | 1.3524006<br>m | 16.158007<br>kPa | 2.1248572<br>kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |
| Slice<br>30 | 19.399219<br>m | 1.4484546<br>m | 15.216006<br>kPa | 1.3083444<br>kPa | 4 kPa | 0 kPa | DT |