

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 1 di 23 | Rev. 0 |

Metanodotto:

ALLACCIAMENTO A2A ENERGIEFUTURE DI S. FILIPPO DEL MELA

DN 500 (20") – DP 75 bar

Nei comuni Pace del Mela e San Filippo del Mela

ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE

Nota prot. MATTM/35405, del 07/04/2021

| | | | | | |
|-------------|--------------------|------------------------|-------------------|------------------|-------------|
| | | | | | |
| 0 | Emissione | QUARTARONE FILANDRO | Urbellini | Luminari | 21/05/2021 |
| Rev. | Descrizione | Elaborato | Verificato | Approvato | Data |

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 2 di 23 | Rev. 0 |

INDICE

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2 | DESCRIZIONE DELLA DIRETTRICE DI TRACCIATO E INQUADRAMENTO GEOLOGICO–GEOMORFOLOGICO..... | 4 |
| 2.1 | Descrizione del tracciato nell'area di studio..... | 4 |
| 2.2 | Inquadramento geologico..... | 5 |
| 2.3 | Inquadramento geomorfologico..... | 6 |
| 2.4 | Sismicità..... | 7 |
| 2.5 | Indagini – Modello geotecnico. | 10 |
| 2.6 | Principali risultati di calcolo..... | 15 |
| 2.6.1 | Interventi in progetto..... | 17 |
| 3 | MONITORAGGIO | 22 |
| 4 | CONCLUSIONI..... | 23 |

ANNESSO 1- RISULTATO INDAGINI GEOGNOSTICHE

ANNESSO 2 - RISULTATO VERIFICHE DI STABILITA'

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 3 di 23 | Rev. 0 |

1 INTRODUZIONE

La presente relazione viene redatta a corredo delle richieste di integrazioni nell'ambito della Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 23 del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. relativa al Progetto "Centrale di San Filippo del Mela - Progetto definitivo per l'installazione di un nuovo ciclo combinato a gas" - **Nota prot. MATTM/35405, del 07/04/2021.**

In particolare, al p.to 24 si richiama la seguente richiesta di chiarimento: *"Considerato che il tracciato del gasdotto lambisce un'area caratterizzata da fenomeni attivi di deformazione superficiale lenta e che le attività di scavo per la posa dell'opera potrebbero generare lo stesso tipo o altri fenomeni gravitativi, particolarmente nei tratti caratterizzati da coltri detritiche e depositi di frana, allo scopo di dimensionare le opere di mitigazione previste si ritiene necessario produrre un'analisi di stabilità di versante, in condizioni statiche e dinamiche, indicando fin d'ora strumenti e metodologie che saranno predisposti per la campagna di monitoraggio dei versanti interferiti, che sarà opportuno attuare in corso d'opera e per un tempo ragionevole dalla conclusione dei lavori"*

Sulla scorta dei risultati della campagna geognostica è stato ricostruito il modello geologico - geotecnico, ed attraverso le verifiche di stabilità condotte in condizioni statiche e dinamiche, sono state valutate le condizioni di sicurezza in fase di realizzazione dell'opera (analisi fronte scavo FS >1,2) e per un tempo di ritorno pari alla vita nominale dell'opera (50 anni - Pendio naturale FS>1). In sintesi, considerato che i processi di attivazione dei fenomeni gravitativi sono fondamentalmente legati al controllo delle pressioni interstiziali attraverso la gestione del livello di falda, si prevede la realizzazione di una trincea drenante fuori condotta al fine di inibire la saturazione del terreno fino al livello del piano campagna.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 4 di 23 | Rev. 0 |

2 DESCRIZIONE DELLA DIRETTRICE DI TRACCIATO E INQUADRAMENTO GEOLOGICO–GEOMORFOLOGICO

2.1 Descrizione del tracciato nell'area di studio

L'area oggetto di studio ricade nel tratto compreso fra le progressive chilometriche 3+345 e 4+015. Vedi Foto 2.1.1-A.

In tale tratto, dopo aver attraversato un'area boscata, la condotta in progetto, mantenendo le distanze minime dagli edifici presenti in Contrada Condali, **lambisce un'area a pericolosità frana (P1) caratterizzata dalla presenza di depositi di frana per accumuli gravitativi caotici.** (Vedi Foto 2.1-A).

Non si rilevano fenomeni gravitativi nella porzione di versante interessata dalla posa del metanodotto, indice di processi deformativi in atto e le pendenze interessate sono tali da escludere eventuali attivazioni di dissesti in virtù della limitata entità delle lavorazioni previste per la realizzazione della infrastruttura in progetto.



Foto 2.1-A – Inquadramento territoriale del tratto

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energifuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 5 di 23 | Rev. 0 |

2.2 Inquadramento geologico

Dal km 3 circa, la condotta interferisce dapprima con le Argille marnose grigio-azzurre afferenti al Pleistocene inferiore-medio e successivamente percorre a mezza costa un'area costituita sia da coltri detritiche eluvio-colluviali sia da depositi di frana, lungo la quale la realizzazione di una paratia di pali, si rende necessaria al fine di preservare il versante da possibili movimenti gravitativi e di conseguenza porre in sicurezza il metanodotto in progetto. Per la posizione della paratia confrontare la figura 2.1.A.

Nel tratto prossimo all'area in frana a pericolosità P1 il metanodotto si pone nel tratto marginale dei depositi di frana (*Tip a1 - Figura 2.2-A – Stralcio Carta Geologica del settore attraversato dal metanodotto in progetto*) caratterizzato da leggere pendenze e senza evidenze di dissesti in atto. Il tratto oggetto di intervento è delineato dal un cerchio in giallo.

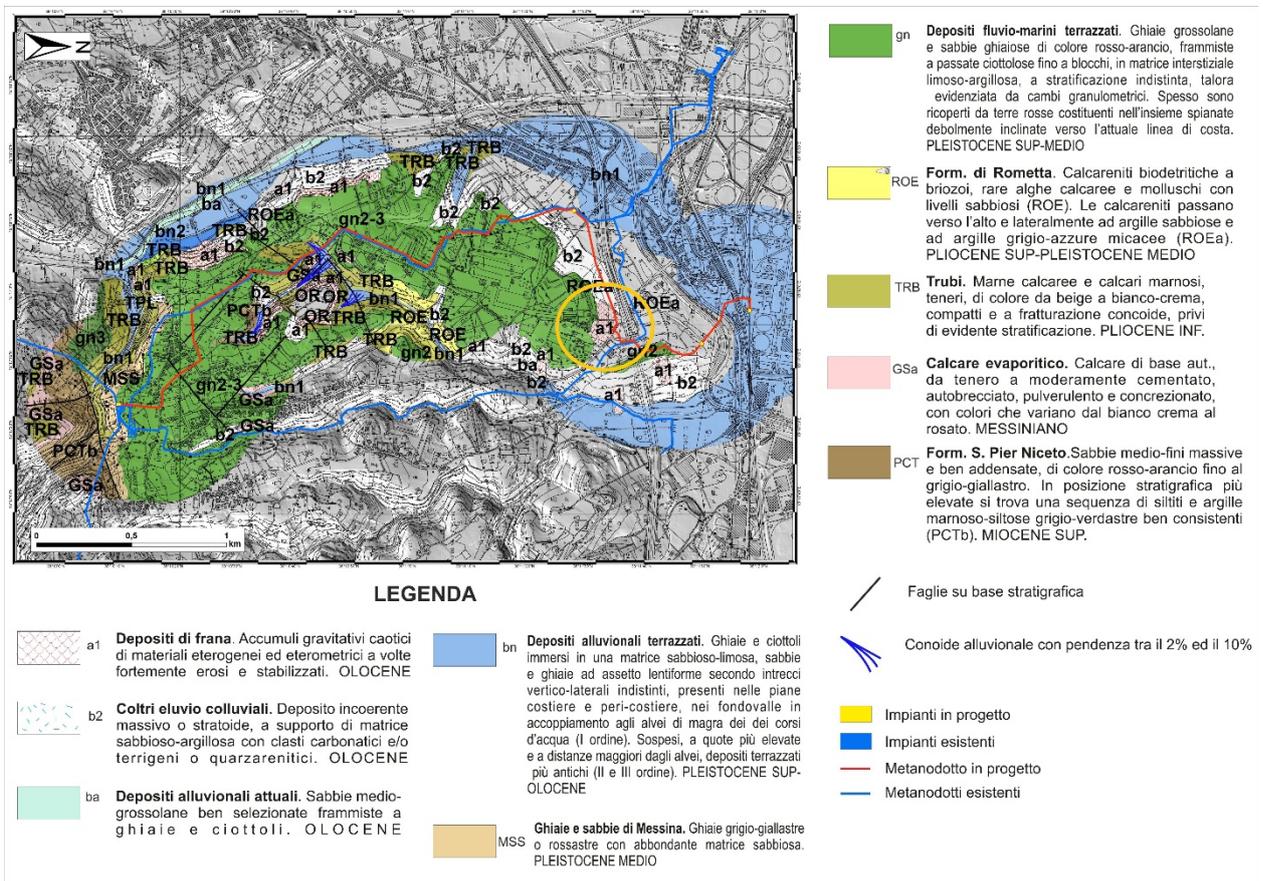


Figura 2.2-A – Stralcio Carta Geologica del settore attraversato dal metanodotto in progetto.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energifuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 6 di 23 | Rev. 0 |

2.3 Inquadramento geomorfologico

Il metanodotto in progetto, nel tratto oggetto di studio, percorre nella sua estremità settentrionale la pianura alluvionale, costituita da sedimenti trasportati e depositati alla foce delle aste vallive, in parte distribuiti in passato dal moto ondoso e dalle correnti marine ed in parte accumulati progressivamente dalle conoidi alluvionali con pendenze comprese tra il 2% ed il 10%, le quali raccordano la pianura con i rilievi collinari del settore meridionale.

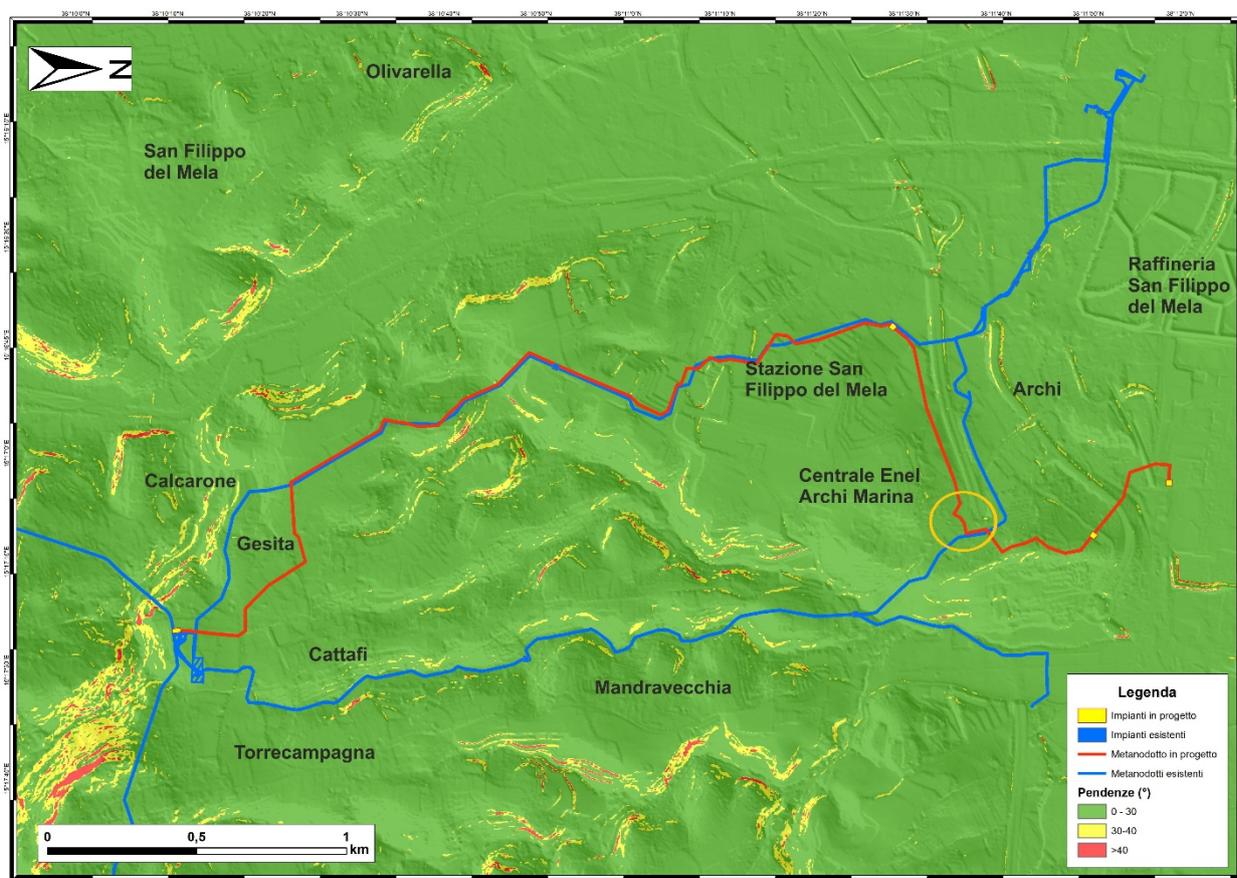


Figura 2.3-A – Stralcio della Carta delle Pendenze del settore interessato dal metanodotto in progetto. In cerchio giallo indica l'area oggetto di studio

Tali depositi sedimentari sono opera dei numerosi corsi d'acqua che solcano i versanti dell'area, meno acclivi poiché costituiti da litologie a componente prevalentemente argillosa. L'azione delle acque di deflusso superficiale è riscontrabile nelle valli a "V" e ad "U", le cui forma ed incisione variano in relazione alle caratteristiche meccaniche dei litotipi. Nella porzione più settentrionale costituita da depositi prevalentemente argillosi sono frequenti lenti movimenti gravitativi (soliflusso e creep), i quali in condizioni piovose consistenti subiscono accelerazioni repentine. Per tale ragione il controllo del livello di falda, attraverso la realizzazione della trincea drenante, garantisce un adeguato margine di sicurezza, nei confronti di una possibile riattivazione di movimenti e/o scivolamenti.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 7 di 23 | Rev. 0 |

2.4 Sismicità

L'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, aggiornata al 16/01/2006, ha suddiviso il territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base dell'accelerazione sismica orizzontale massima (a_g) su suolo rigido con probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Nella tabella di seguito riportata si elencano le varie zone sismiche in funzione della relativa accelerazione orizzontale massima (a_g).

| Zona Sismica | Pericolosità Sismica | Accelerazioni con probabilità di superamento del 10% in 50 anni |
|--------------|--|---|
| 1 | Zona con pericolosità sismica alta : indica la zona più pericolosa dove possono verificarsi forti terremoti | $a_g \geq 0.25 \text{ g}$ |
| 2 | Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi forti terremoti | $0.15 \leq a_g < 0.25 \text{ g}$ |
| 3 | Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti | $0.15 \leq a_g < 0.25 \text{ g}$ |
| 4 | Zona con pericolosità sismica molto bassa , dove possono verificarsi deboli terremoti con danni modesti | $a_g < 0.25 \text{ g}$ |

Tabella 2.4-A – Classificazione delle zone sismiche in funzione di a_g

L'atto di recepimento da parte della Regione Sicilia dell'O.P.C.M. 3274 al 31/03/2010 avviene con DGR n. 408 del 19/12/2003 in cui sostanzialmente non vi è alcun cambiamento rispetto alla classificazione sismica nazionale così come riportato nella tabella precedente.

I comuni attraversati dal metanodotto in progetto ricadono in zona sismica 2.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 8 di 23 | Rev. 0 |

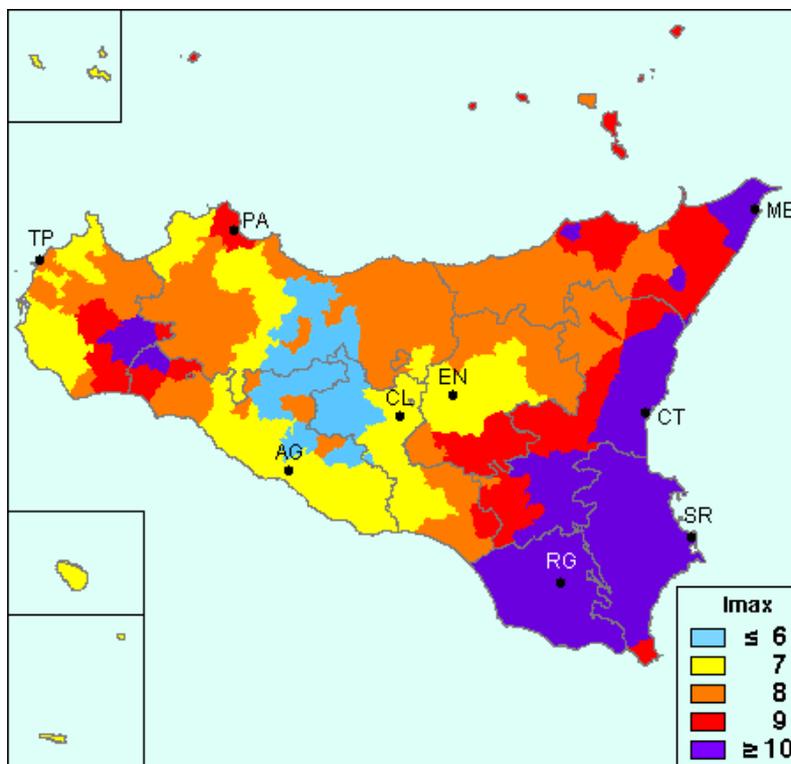


Figura 2.4-B - Carta delle massime intensità macrosismiche della Regione Sicilia.

Il D.M.17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni), in accordo con il precedente D.M. 14 Gennaio 2008, definisce la pericolosità sismica di un sito e, conseguentemente, le azioni sismiche di progetto per le nuove costruzioni e per gli interventi sulle costruzioni esistenti. Il territorio nazionale è stato suddiviso mediante una maglia di punti notevoli, al passo di 10 km, per ognuno dei quali sono noti i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta per i diversi stati limite di riferimento, tra i quali l'accelerazione massima attesa, a_g .

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energifuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 9 di 23 | Rev. 0 |

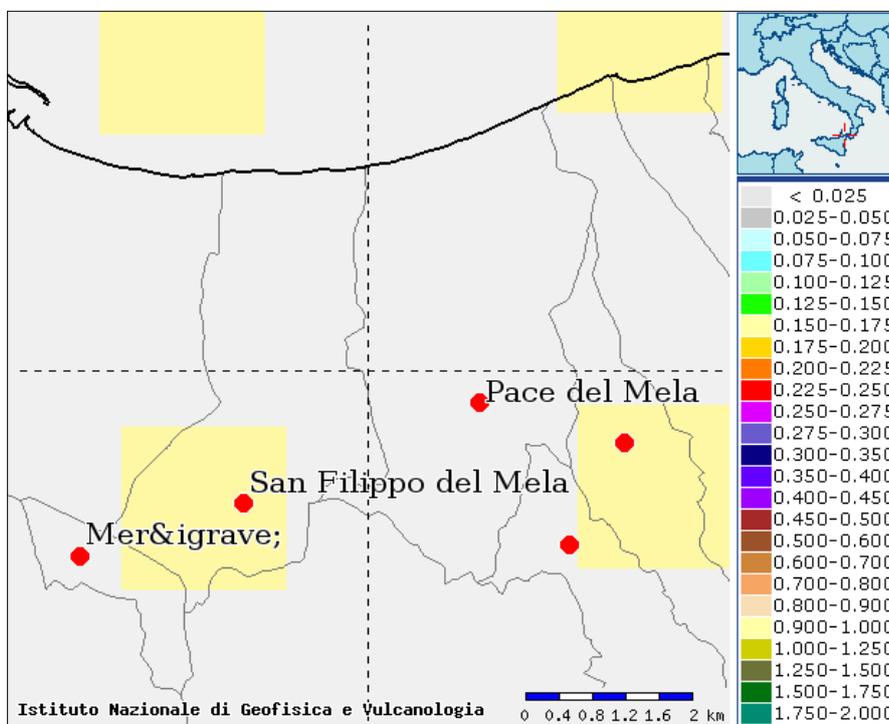


Figura 2.4-C – Mappa della Pericolosità sismica dei comuni interessati dal tracciato in progetto, con valori di a_g (da INGV 2004).

In particolare, l'area attraversata dal tracciato in progetto mostra valori di accelerazione per un tempo di ritorno di 475 anni a_g omogenei compresi tra 0.150 e 0.175 g (vedi Figura 2.4-C).

Come precedentemente riportato, il territorio attraversato dal metanodotto ricade in zona sismica 2 (media pericolosità sismica), per cui trattandosi di una infrastruttura classificabile come "Costruzione ...strategica importante", essa va considerata in Classe d'uso IV e con Vita di riferimento $V_r = 100$ anni.

Nello sviluppo della verifica di stabilità si è fatto riferimento ai parametri di sito per le verifiche degli eventuali fenomeni sismoindotti (stabilità dei versanti, liquefazione, ecc.).

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energifuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 10 di 23 | Rev. 0 |

2.5 Indagini – Modello geotecnico.

Per la definizione delle verifiche di stabilità sono stati valutati i risultati del Sondaggio S07, della prova penetrometrica CPTU 7 e i risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati, oltre alla M.A.S.W.4.

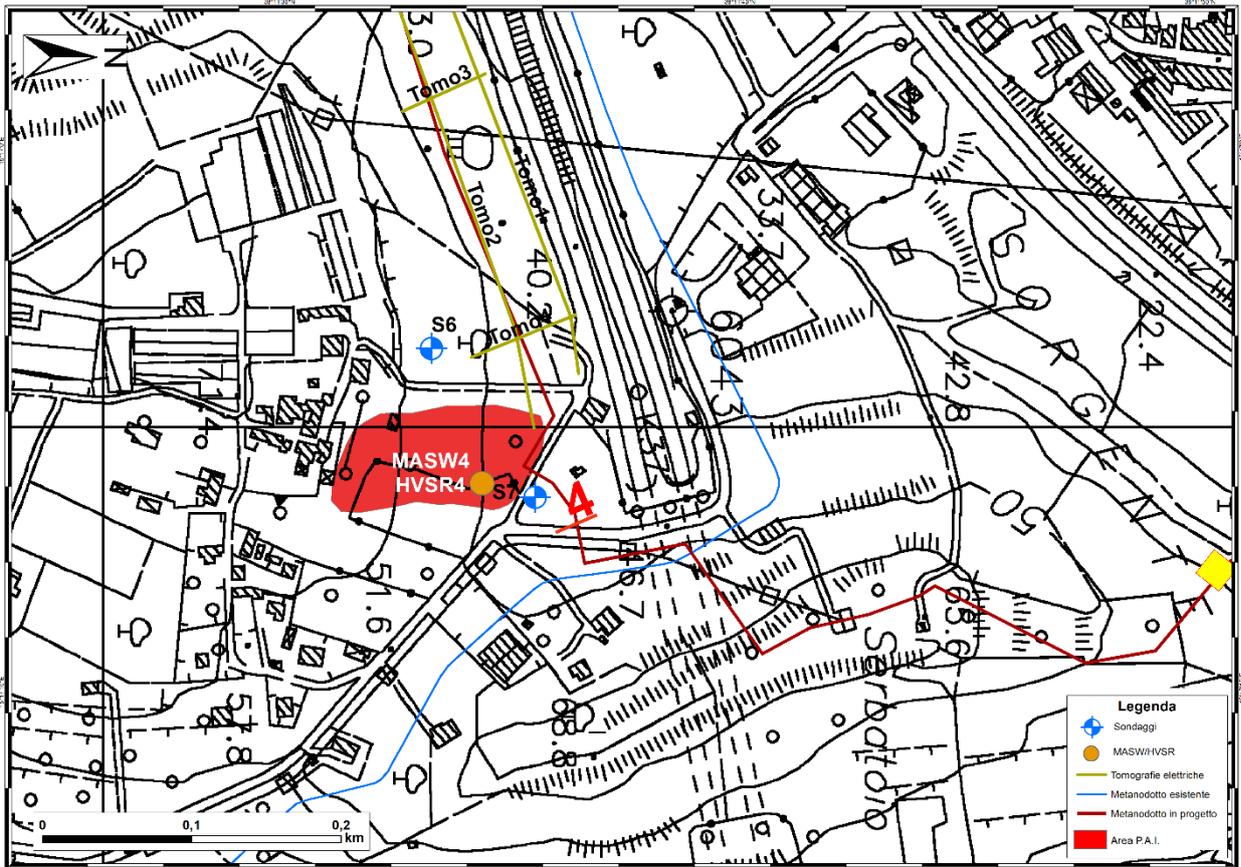


Figura 2.5-A – Stralcio della carta delle indagini relativa all'area di studio

Di seguito si riporta il log stratigrafico del sondaggio S07.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 11 di 23 | Rev. 0 |

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| Redattore Dott. Geol. Marco Andolina | Oggetto Progetto del Metanodotto A2A - San Filippo del Mela DN 500 (20 ") DP 75 bar | Ordine n° IP 853 | Pag. 1 | |
| Operatore Calogero Milazzo | Opera | Quota Bocca Foro s.l.m.: 48 m. | Coordinate X Y X: 525044,91 - Y: 4227289,67 | |
| Tipo di perforazione: Carotaggio continuo a rotaz. idraulica | SONDAGGIO S 07 | Profondità raggiunta 15,00 m. | Inizio/Fine - Esecuzione 13/11/19 - 13/11/19 | |
| Tipo sonda: CMV 420 | | | | |

| Scala (mt.) | Litologia | Descrizione | Quota | RQD % | % Carotaggio | Sp. lit. (m) | S.P.T. | Prelievo Campioni | Profilo | Profilo | Profilo | Strum. Geotecnica |
|-------------|-----------|---|-------|-------|--------------|--------------|--------|----------------------------|--------------------------------------|---------|------------------|-------------------|
| 1 | | Terreno Vegetale | 1,20 | | | | | CA 1 0,50 m. | NON RILEVATA DURANTE LA PERFORAZIONE | WTCs | | |
| 2 | | Argilla sabbiosa di colore marrone chiaro da poco a mediamente consistente | 3,70 | | | | | CA 2 1,25 m. | | | | |
| 3 | | | | | | | | CA 3 3,00 m. | | | | |
| 4 | | | | | | | | 4,00 m. CI 1 4,30 m. | | | | |
| 5 | | Argilla limosa a tratti sabbiosa di colore da marrone chiaro a grigiastro, mediamente consistente | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | 11,80 | | | | | | | | | | |
| 12 | | Argilla marnosa di colore grigio scuro, consistente. | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | 12,70 m. CI 3 | |
| 14 | | | | | | | | | | | 13,00 m. | |
| 15 | | | 15,00 | | | | | | | | | |

Figura 2.5-2-A - Stratigrafia Sondaggio S7

Dalla prova CPTU 7 eseguita nell'ambito del pendio nel mese di novembre 2019, la superficie piezometrica è risultata alla profondità di -7m (v. Fig. 2.5-2-B).

Nel modello si è assunto prudenzialmente che essa possa essere anche a quota più elevata, pari a - 3m.

E' prevista la realizzazione di una trincea drenante profonda 3 m parallela al metanodotto la quale assicura il controllo del livello di falda e garantisce adeguata protezione della condotta per eventuale saturazione della zona di posa.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energifuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 12 di 23 | Rev. 0 |

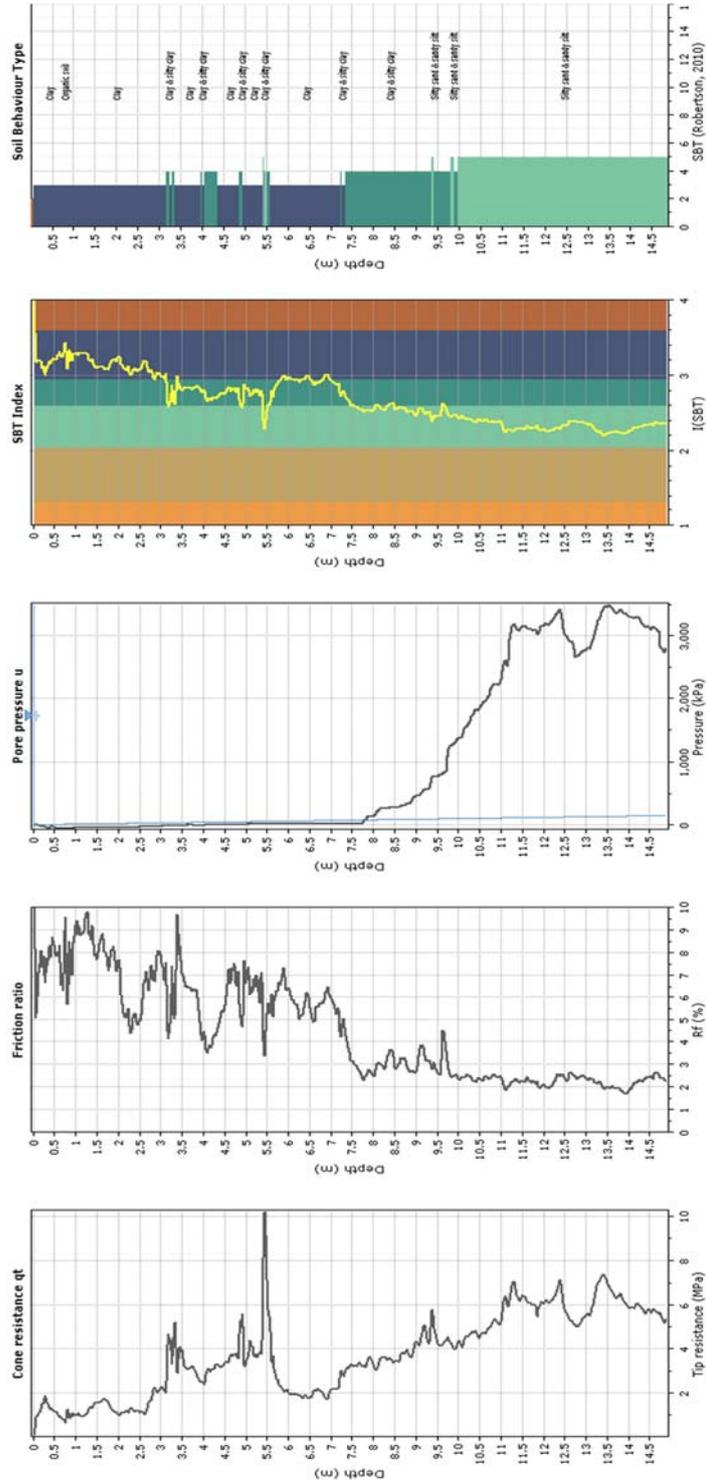


Figura 2.5-2-B – Risultati prova CPTU 7

Per i campioni prelevati sono stati ottenuti i valori di cui alla figura 2.5-C.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energifuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 13 di 23 | Rev. 0 |

| Sond. | Camp. | prof. (m) | W (%) | γ (t/m ³) | γ _s | e _o | n | Sr (%) | granulometria | | | | limiti | | | Taglio | | | | |
|-------|-------|---------------|-------|-----------------------|----------------|----------------|------|--------|---------------|----------|--------|-----------|--------|----|------|------------------|----------------------|--------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | | | | | Chiazza % | Sabbia % | Limo % | Argilla % | LL | LP | Ic | CLASS. UNI 10006 | e' KN/m ² | φ' (°) | c _r KN/m ² | φ _r (°) |
| S 1 | C 1 | 3,00 - 3,40 | 24,76 | 1,98 | 2,77 | 0,74 | 0,43 | 92,25 | 3,62 | 12,13 | 37,60 | 46,65 | 46 | 29 | 1,28 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 1 | C 2 | 6,00 - 6,30 | 18,02 | 2,06 | 2,68 | 0,54 | 0,35 | 89,83 | 6,89 | 40,85 | 27,45 | 24,81 | 37 | 20 | 1,12 | A6 | -- | -- | -- | -- |
| S 2 | C 1 | 4,00 - 4,30 | 9,44 | 1,95 | 2,71 | 0,52 | 0,34 | 48,84 | 18,80 | 50,55 | 21,61 | 9,05 | 28 | 12 | 1,14 | A2-S | -- | -- | -- | -- |
| S 2 | C 2 | 8,00 - 8,40 | 28,40 | 1,90 | 2,63 | 0,78 | 0,44 | 96,11 | 0,00 | 3,40 | 38,24 | 58,36 | 51 | 29 | 1,03 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 2 | C 3 | 12,00 - 12,30 | 25,58 | 2,02 | 2,74 | 0,71 | 0,42 | 98,96 | 0,00 | 3,53 | 32,39 | 64,08 | 48 | 24 | 0,94 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 3 | C 1 | 5,00 - 5,30 | 19,99 | 1,85 | 2,71 | 0,76 | 0,43 | 71,60 | 1,30 | 35,51 | 27,44 | 35,75 | 37 | 18 | 0,91 | A6 | 30 | 28 | -- | -- |
| S 3 | C 2 | 7,00 - 7,30 | 13,33 | 2,04 | 2,73 | 0,52 | 0,34 | 70,09 | 2,95 | 66,48 | 20,00 | 10,58 | 26 | 11 | 0,87 | A2-S | -- | -- | -- | -- |
| S 3 | C 3 | 9,00 - 9,30 | 13,15 | 1,90 | 2,66 | 0,59 | 0,37 | 59,51 | 3,80 | 76,97 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| S 4 | C 1 | 4,00 - 4,40 | 18,31 | 2,01 | 2,65 | 0,55 | 0,36 | 87,39 | 2,01 | 32,30 | 24,31 | 41,38 | 46 | 19 | 1,01 | A7-S | 28 | 30 | -- | -- |
| S 4 | C 2 | 13,70 - 14,00 | 33,40 | 1,90 | 2,76 | 0,93 | 0,48 | 96,75 | 0,29 | 3,93 | 47,72 | 48,07 | 49 | 30 | 0,82 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 5 | C 1 | 5,00 - 5,30 | 22,03 | 1,93 | 2,68 | 0,69 | 0,41 | 85,03 | 0,00 | 5,53 | 39,94 | 54,82 | 62 | 26 | 1,11 | A7-S | 41 | 22 | 11 | 14 |
| S 5 | C 2 | 10,60 - 11,00 | 32,09 | 1,88 | 2,67 | 0,88 | 0,47 | 97,68 | 0,00 | 2,33 | 33,96 | 63,71 | 56 | 30 | 0,94 | A7-S | 18 | 25 | -- | -- |
| S 5 | C 3 | 17,00 - 17,30 | 31,39 | 1,90 | 2,67 | 0,84 | 0,46 | 99,21 | 0,00 | 3,14 | 37,39 | 59,47 | 53 | 30 | 0,94 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 6 | C 1 | 3,70 - 4,00 | 32,12 | 1,92 | 2,74 | 0,89 | 0,47 | 99,32 | 0,00 | 1,83 | 30,10 | 68,07 | 58 | 28 | 0,86 | A7-S | 34 | 20 | 4 | 9 |
| S 6 | C 2 | 7,60 - 8,00 | 29,38 | 1,90 | 2,62 | 0,78 | 0,44 | 98,70 | 0,00 | 1,63 | 36,32 | 62,05 | 59 | 30 | 1,03 | A7-S | 26 | 24 | -- | -- |
| S 6 | C 3 | 14,80 - 15,00 | 37,93 | 1,85 | 2,75 | 1,05 | 0,51 | 99,17 | 0,00 | 1,82 | 39,55 | 58,62 | 61 | 32 | 0,81 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 7 | C 1 | 4,00 - 4,30 | 22,20 | 1,87 | 2,68 | 0,75 | 0,43 | 78,89 | 4,01 | 18,26 | 25,45 | 52,28 | 48 | 20 | 0,94 | A7-S | 32 | 19 | -- | -- |
| S 7 | C 2 | 9,00 - 9,40 | 28,98 | 1,90 | 2,69 | 0,83 | 0,45 | 94,42 | 0,00 | 3,39 | 37,95 | 58,67 | 53 | 26 | 0,88 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 7 | C 3 | 12,70 - 13,00 | 30,37 | 1,90 | 2,66 | 0,82 | 0,45 | 98,29 | 1,76 | 7,26 | 42,40 | 48,57 | 55 | 28 | 0,90 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 8 | C 1 | 4,70 - 5,00 | 25,16 | 1,94 | 2,76 | 0,78 | 0,44 | 88,57 | 11,52 | 16,19 | 28,21 | 44,07 | 50 | 23 | 0,91 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 8 | C 2 | 7,40 - 7,70 | 31,94 | 1,88 | 2,65 | 0,86 | 0,46 | 98,80 | 0,00 | 2,59 | 38,46 | 58,95 | 54 | 30 | 0,91 | A7-S | -- | -- | -- | -- |
| S 10 | C 1 | 3,20 - 3,60 | 18,66 | 2,15 | 2,76 | 0,52 | 0,34 | 96,91 | 0,96 | 50,91 | 23,79 | 24,34 | -- | -- | -- | -- | 23 | 28 | -- | -- |
| S 10 | C 2 | 6,00 - 6,40 | 11,07 | 2,20 | 2,70 | 0,36 | 0,27 | 82,75 | 11,45 | 57,52 | 17,54 | 13,48 | -- | -- | -- | -- | 18 | 32 | -- | -- |

Figura 2.5-2-C - Report con risultati di laboratorio con evidenza dei campioni del sondaggio S7

Dall'interpretazione dei risultati delle indagini è stato ricostruito, anche in analogia a dati di letteratura su terreni simili, il modello geotecnico di riferimento. Per i dettagli delle prove si rimanda all'annesso 1 allegato al presente studio.

In sostanza, al di sotto del terreno vegetale, si rileva la presenza di argille sabbiose da poco a mediamente consistenti che sovrastano le argille limose mediamente consistenti.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 14 di 23 | Rev. 0 |

Il sub strato è costituito dalle argille marnose consistenti.

I parametri geotecnici utilizzati per le verifiche di stabilità sono riportati nella Tabella 2.5-D

| n° | Descrizione | γ | γ_{sat} | ϕ' | c' | Spessore |
|-------|------------------|----------|----------------|---------|-------|----------|
| unità | | [kN/mc] | [kN/mc] | [°] | [kPa] | h (m) |
| 1 | Argilla sabbiosa | 19,00 | 20,00 | 19,00 | 10,0 | 6 |
| 2 | Argilla limosa | 19,00 | 20,00 | 24,00 | 0,0 | 8 |
| 3 | Argilla marnosa | 19,00 | 20,00 | 25,00 | 18,0 | > 10 |

Tabella 2.5-D – Parametri

con

| | |
|--------------------|---|
| <i>Nr.</i> | Indice del terreno |
| <i>Descrizione</i> | Descrizione terreno |
| γ | Peso di volume del terreno espresso in kN/mc |
| γ_w | Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc |
| ϕ | Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi |
| c | Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa |
| ϕ_u | Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi |
| c_u | Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa |

Dal punto di vista sismico, i parametri utilizzati nella modellazione della verifica di stabilità sono di seguito riportati:

Identificazione del sito

| | |
|-------------|----------------------|
| Latitudine | 38.192715 |
| Longitudine | 15.285508 |
| Comune | San Filippo Del Mela |
| Provincia | Messina |
| Regione | Sicilia |

Punti di interpolazione del reticolo 44983 - 44984 - 44762 - 44761

Tipo di opera

| | |
|-------------------------------|--|
| Tipo di costruzione ordinari | Costruzioni con livelli di prestazioni |
| Vita nominale | 50 anni |
| Classe d'uso molto pericolose | IV - Opere strategiche ed industrie |
| Vita di riferimento | 100 anni |

| | Simbolo | U.M. | SLV | SLD |
|--|---------|---------------------|-------|-------|
| Accelerazione al suolo | a_g | [m/s ²] | 1.981 | 0.878 |
| Accelerazione al suolo | a_g/g | [%] | 0.202 | 0.089 |
| Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale | F0 | | 2.563 | 2.458 |
| Periodo inizio tratto spettro a velocità costante | Tc* | | 0.401 | 0.325 |

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 15 di 23 | Rev. 0 |

| | Simbolo | U.M. | SLV | SLD | |
|---|-----------|------|-----|-------|-------|
| Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico | Ss | | C | 1.389 | 1.500 |
| Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica | St | | T1 | 1.000 | 1.000 |
| Coefficiente riduzione pendio naturale | β_s | | | 0.280 | 0.280 |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale | | | | 0.50 | 0.50 |

Pendio naturale

| | Simbolo | SLV | SLD |
|--|----------------------------|------|------|
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ | 7.86 | 3.76 |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) | $k_v=0.50 * k_h$ | 3.93 | 1.88 |

2.6 Principali risultati di calcolo

L'analisi di stabilità è stata condotta lungo il profilo di massima pendenza attraverso la determinazione della superficie di scivolamento che verosimilmente si attesta al contatto fra l'argilla sabbiosa e quella limosa sottostante, in accordo al probabile movimento di tipo soliflusso, tipico per questi tipi di terreni ed in accordo alle indicazioni del PAI.

La condotta è situata nella parte terminale del pendio e non è interessata direttamente dalla superficie di rottura ipotizzata.

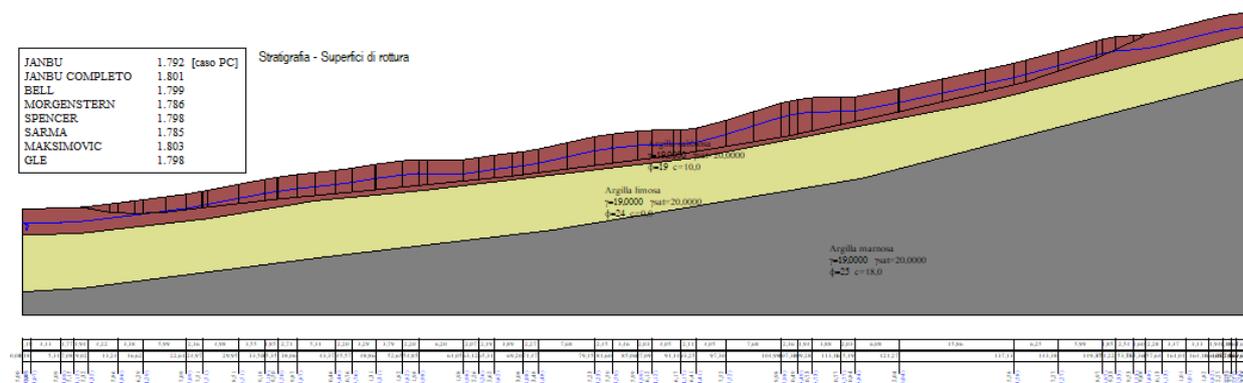


Figura 2.6-A – Profilo di verifica di stabilità

La profondità della falda è fissata alla profondità di 3 m dal piano campagna al fine di portare in conto il contributo stabilizzante della trincea drenante esercitato attraverso il controllo delle pressioni interstiziali, ipotizzando come condizione cautelativa, la saturazione completa del pendio fino al piano campagna.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo dei fattori di sicurezza delle verifiche condotte, da cui si evince che sussistono le condizioni di stabilità relative alla realizzazione e all'esercizio del metanodotto in progetto.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 16 di 23 | Rev. 0 |

| Metodo | Nr. superfici | FS _{min} | S _{min} | FS _{max} | S _{max} |
|----------------|---------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| JANBU | 5 | 1.792 | 1 | 2.669 | 5 |
| JANBU COMPLETO | 5 | 1.801 | 1 | 2.685 | 5 |
| BELL | 5 | 1.799 | 1 | 2.685 | 5 |
| MORGENSTERN | 5 | 1.786 | 1 | 2.687 | 5 |
| SPENCER | 5 | 1.798 | 1 | 2.684 | 5 |
| SARMA | 5 | 1.785 | 1 | 2.640 | 5 |
| MAKSIMOVIC | 5 | 1.803 | 1 | 2.687 | 5 |
| GLE | 5 | 1.798 | 1 | 2.684 | 5 |

Per ciò che concerne la fase di cantierizzazione verranno adottate opportune precauzioni nell'esecuzione degli scavi, le cui profondità risultano di piccola entità e tali da poter posare la condotta con copertura di 1,50 m dal p.c., come disposto dal "DECRETO 17 aprile 2008 Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8".

L'influenza di tali scavi è temporanea e limitata nel tempo alla sola fase di posa della condotta, provvedendo all'immediato pre rinterro del metanodotto al fine di non lasciare esposto il fronte scavo e la base del pendio durante la lavorazione.

Per i dettagli di calcolo, si rimanda all'annesso 2 – Tabulato di calcolo, allegato al presente studio.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2 Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 17 di 23 | Rev. 0 |

2.6.1 Interventi in progetto

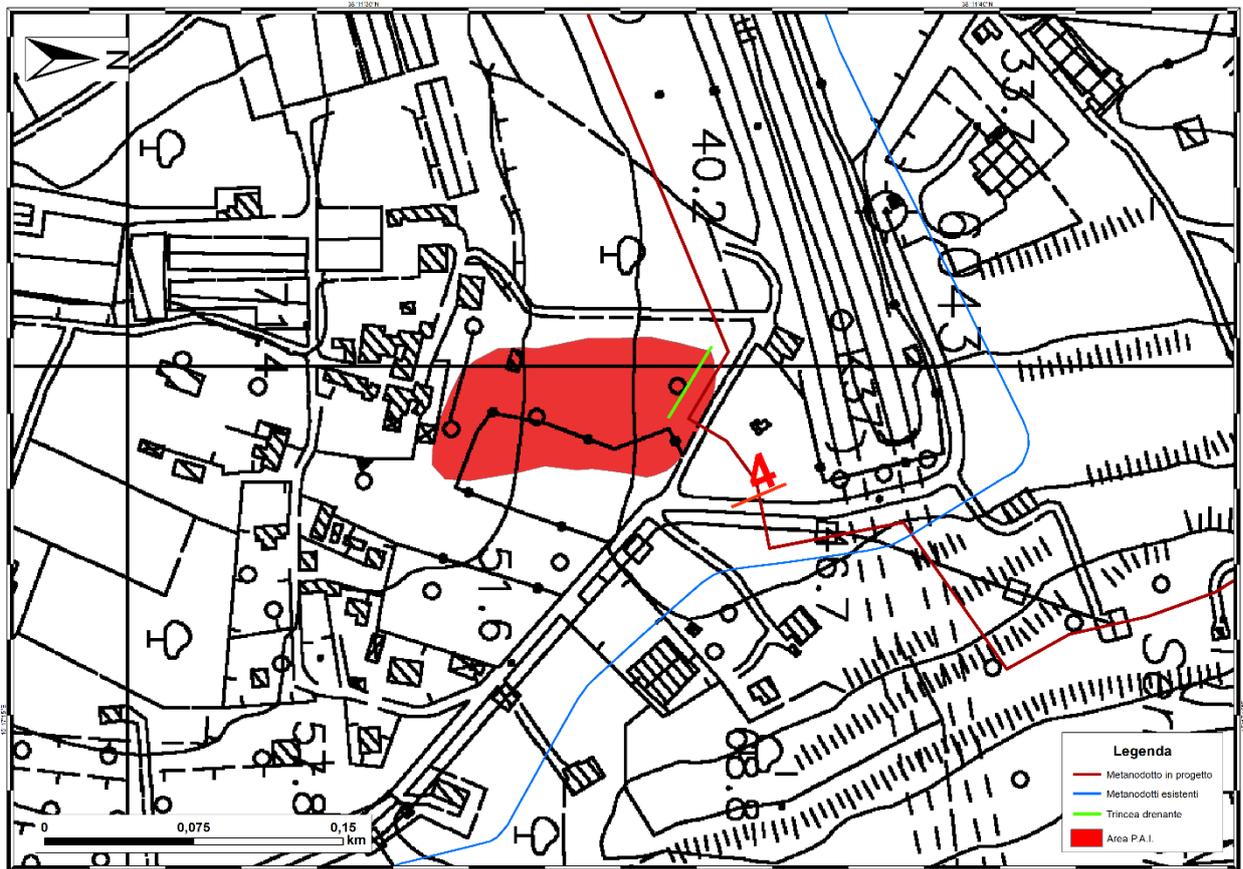


Figura 2.6.1-A – Planimetria con indicazione delle opere

Con riferimento alla figura 2.6.1/A per garantire le adeguate condizioni di sicurezza per l'esercizio del metanodotto, è prevista la realizzazione di una trincea drenante profonda non meno di 3 metri secondo lo schema di seguito riportato. Tale dreno potrà essere eseguito in una trincea adiacente e parallela alla condotta oppure direttamente sotto la condotta stessa, al fine di minimizzare gli scavi. Dovrà comunque essere garantita una pendenza longitudinale del dreno al fine di assicurarne lo scarico in accordo al regime di deflusso delle acque superficiali esistenti.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energifuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 18 di 23 | Rev. 0 |

Caratteristiche dimensionali della trincea drenante

Le principali caratteristiche dell'opera in esame sono qui di seguito sintetizzate:

- lunghezza: 120 m
- larghezza: 2.30 m
- altezza: 3.00 m

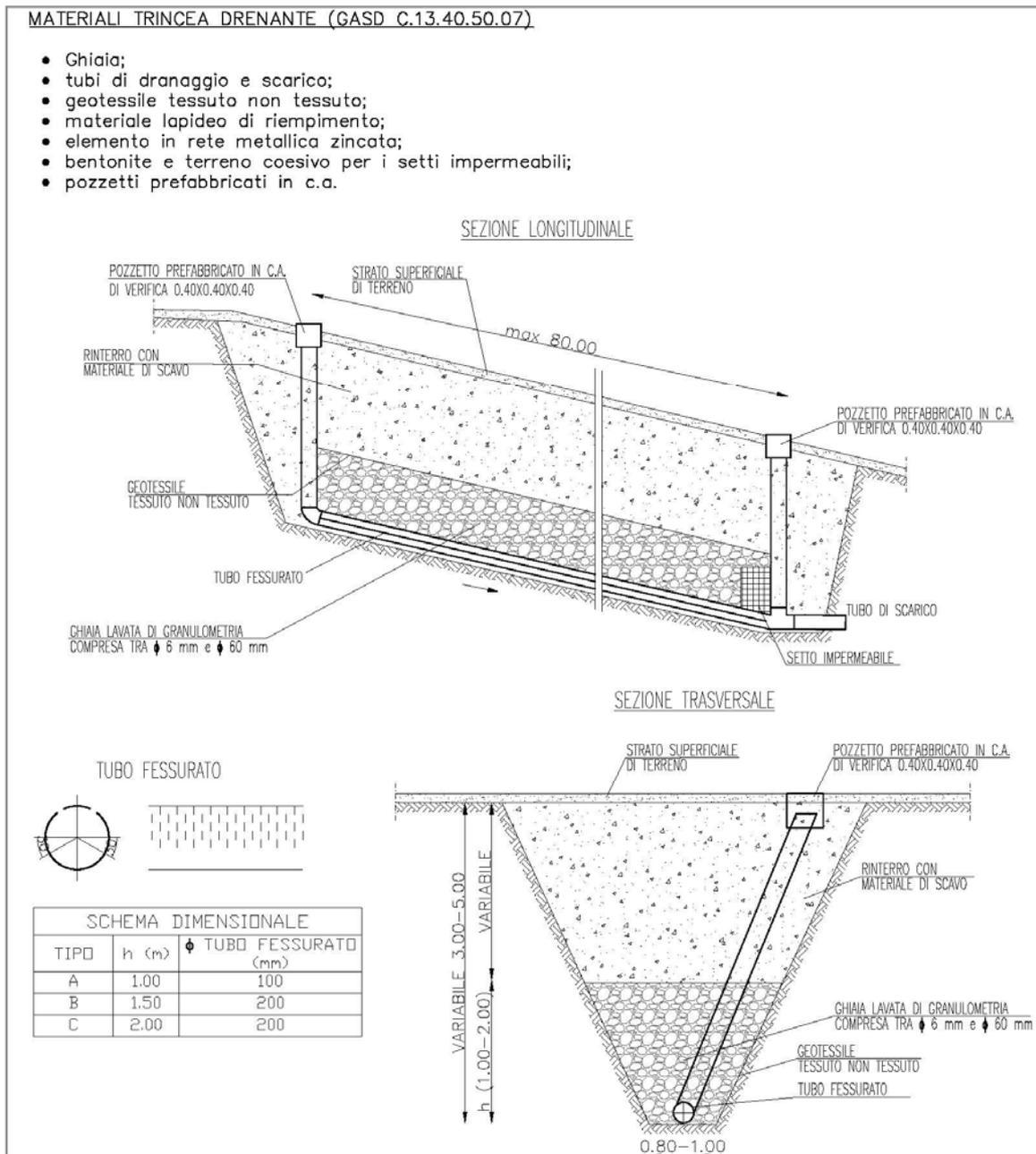


Figura 2.6.1-B – Particolare trincea drenante

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 19 di 23 | Rev. 0 |

I materiali costituenti l'opera di drenaggio superficiale in accordo alla specifica SRG sono:

Ghiaia

La ghiaia, naturale o di frantumazione, da impiegarsi per la formazione del corpo drenante dovrà ottemperare alle prescrizioni del RD del 16 Novembre 1939 n. 2232. In particolare, la ghiaia dovrà essere costituita da elementi sani, tenaci e puliti, essere priva di elementi alterati (sostanze organiche e materiali coesivi) e non contenere minerali pericolosi o inquinanti.

Viene impiegata ghiaia granulometricamente assortita con elementi compresi tra 4 mm e 60 mm; dovrà risultare esente da materie eterogenee e non presentare perdite di peso per decantazione in acqua superiori al 2%.

Tubi di drenaggio e di scarico

Nella realizzazione delle trincee drenanti vengono utilizzati: tubi di drenaggio fessurati (nel corpo drenante), tubi di drenaggio non fessurati (tubo di scarico e tubi verticali di collegamento ai pozzetti) e pezzi speciali per il raccordo piano-altimetrico dei tubi.

A meno di diverse indicazioni progettuali, vengono utilizzate tubazioni con diametro nominale compreso tra 100 mm e 200 mm.

Possono essere utilizzate tubazioni in cloruro di polivinile non plastificato (P.V.C.-U) o in polietilene ad alta densità (PEAD). Nell'ambito di una stessa trincea drenante non è ammesso l'utilizzo misto dei due tipi e, a meno di diverse indicazioni progettuali, non possono essere impiegati differenti diametri di tubazione.

Le tubazioni utilizzate dovranno avere spessori e resistenze tali da garantire la loro corretta posa in opera nelle diverse condizioni di applicazione e la invariabilità geometrica nel tempo. I pezzi speciali utilizzati per il raccordo dovranno presentare le stesse caratteristiche strutturali e geometriche dei tubi stessi.

I tubi di drenaggio fessurati dovranno essere con fessure disposte perpendicolarmente all'asse di drenaggio, dovranno occupare i 2/3 della circonferenza ed essere alternati tra loro, in modo da ridurre la perdita di resistenza allo schiacciamento. La larghezza massima delle fessure sarà di 4 mm; l'interasse tra le fessure dovrà essere stabilito in modo che la superficie fessurata risulti compresa tra il 5% ed il 10% della superficie totale del tubo.

Tubi in policloruro di vinile non plastificato (P.V.C.-U)

I tubi in P.V.C.-U dovranno avere i requisiti e le caratteristiche dimensionali (diametri, spessori e tolleranze) previsti dalla norme UNI EN 1401-1 ed SS UNI E 13.08.378 riportate in Allegato I.

Normalmente vengono adottati tubi in P.V.C. rigido serie pesante, tipo 302, 303/1 303/2 secondo la UNI EN 1401-1.

Lo spessore dei tubi utilizzati non può essere inferiore a 3 mm; per la loro giunzione è ammesso l'utilizzo di giunti a bicchiere e di bigiunti scorrevoli, provvisti di guarnizione elastometrica di tenuta.

Per particolari applicazioni, se progettualmente previsto, possono essere utilizzati tubi corrugati flessibili in P.V.C.-U.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 20 di 23 | Rev. 0 |

Tubi in polietilene ad alta densità (PEAD)

I tubi in PEAD dovranno avere i requisiti e le caratteristiche dimensionali (diametri, spessori e tolleranze) previsti dalla norme UNI 7611, UNI 7613 ed UNI 7615 riportate in Allegato I.

Per i diametri normalmente utilizzati, sono richiesti gli spessori minimi di seguito riportati.

| Diametro esterno (mm) | Spessore minimo (mm) |
|-----------------------|----------------------|
| 100 | 4,0 |
| 120 | 4,5 |
| 140 | 5,5 |
| 160 | 6,0 |
| 180 | 7,0 |
| 200 | 7,5 |

Per la giunzione dei tubi è ammessa la saldatura testa-testa, la giunzione con barra bicchierata, con manicotto elettrico o con manicotto in PE a condizione che il sistema di giunzione prescelto non alteri la sezione di deflusso del tubo e la sua resistenza meccanica caratteristica. Il giunto, in ogni caso, dovrà garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche nel tempo.

Geotessile tessuto non tessuto

Il filtro geotessile è costituito da tessuto non tessuto, di peso non inferiore a 500 g/m², ottenuto da fibre al 100% di poliestere o di polipropilene di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), lavorate mediante processo di sola agugliata, esente da collanti, impregnature e trattamenti di termosaldatura.

I geotessili dovranno essere imputrescibili e non inquinanti, resistenti ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno ed all'azione di microrganismi.

Con riferimento alle norme UNI di cui in Allegato I, ed in aggiunta ai requisiti tecnici relativi alle materie prime di cui sono composti, i geotessili dovranno essere caratterizzati dai seguenti valori caratteristici:

- Massa areica ≥ 500 g/m²
- Spessore (a 2 MPa) ≥ 2,5 mm
- Spessore (a 200 MPa) ≥ 1,2 mm
- Resistenza a trazione longitudinale ≥ 25 kN/m
- Resistenza a trazione trasversale ≥ 25 kN/m
- Resistenza al punzonamento ≥ 5 kN
- Deformazione trasversale al carico massimo ≥ 80%
- Deformazione longitudinale al carico massimo ≥ 80%
- Permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0.002 MPa ≥ 5*10⁻³ m/s
- Tempo di autoestinguimento dopo allontanamento della fiamma ≤ 6 s

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 21 di 23 | Rev. 0 |

Bentonite e terreno coesivo per i setti impermeabili

Nella sezione di valle del corpo drenante, a meno di diverse indicazioni progettuali, viene realizzato un setto impermeabile con lo scopo di impedire il deflusso dell'acqua drenata all'esterno del dreno stesso.

Il setto è costituito da un impasto di acqua, terreno coesivo e bentonite; l'impasto dovrà essere confezionato con acqua in quantità minima per renderlo lavorabile e con una percentuale in peso di bentonite di almeno il 20%.

L'acqua dovrà presentare le stesse caratteristiche di quella utilizzata per i conglomerati cementizi.

Può essere utilizzato terreno di natura prevalentemente coesiva, generalmente proveniente dagli scavi; può essere quindi utilizzata argilla, argilla limosa o limo con argilla.

La bentonite dovrà essere in polvere, priva di grumi e di sostanze estranee che possano pregiudicare la qualità del prodotto finale; dovrà inoltre essere selezionata ed attivata con calibrazione ottimale del rapporto sodio/calcio, in modo da formare una miscela perfettamente stabile.

In generale la bentonite, dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- residuo al vaglio da 10.000 maglie/cm² ≤ 1%
- tenore di umidità ≤ 15%
- limite di liquidità ≥ 400%
- viscosità MARSH, sospensione al 6% in acqua distillata ≥ 40 s

Pozzetti prefabbricati in c.a.

In corrispondenza delle sezioni di estremità del corpo drenante, vengono predisposti pozzetti in c.a., collegati ai tratti verticali del tubo di drenaggio, per il collaudo con acqua della trincea.

A meno di diverse indicazioni progettuali, i pozzetti sono in conglomerato cementizio armato prefabbricato, ben stagionato. Dovranno essere dotati di chiusino e presentano le seguenti caratteristiche:

- dimensioni 60 x 60 x 60 cm e spessore di almeno 5 cm;
- conglomerato con $R_{ck} \geq 30$ MPa;
- armatura in rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;
- predisposizione per l'innesto del tubo.

Per particolari condizioni progettuali, può essere chiesta la realizzazione di pozzetti accessibili con lo scopo di consentire la manutenzione del drenaggio; in questi casi, le caratteristiche dimensionali e strutturali dei pozzetti dovranno essere definite con appositi elaborati di progetto.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 22 di 23 | Rev. 0 |

3 MONITORAGGIO

Partendo dalla considerazione che il tratto di pendio che sopitala condotta risulta stabile dalle analisi condotte, le attività di monitoraggio delle aree caratterizzate da possibili dissesti interferite dalla posa del metanodotto, passa attraverso il controllo dello stato di integrità della condotta.

In fase di esecuzione dell'opera, considerata l'esigua entità degli scavi che non superano i 2 metri di profondità, le condizioni di stabilità saranno valutate e monitorate dal personale della D.L. e dell'impresa appaltatrice, addetto alla gestione della sicurezza con lo scopo di garantire le idonee condizioni di stabilità del fronte scavo.

Sono previsti opportuni apprestamenti temporanei per il sostegno delle pareti (sbadacchiature, opere di sostegno temporanee, ecc.) la cui definizione avverrà in virtù della specificità dei terreni interessati e delle condizioni al contorno (eventi di pioggia, presenza d'acqua) che ne determinano la stabilità.

Si precisa che i fronti di scavo avranno durata ed estensione limitata (si procederà per esecuzione di brevi tratti) al fine di non generare perturbazioni alle condizioni naturali di sicurezza del pendio. Per il monitoraggio nel lungo periodo, corrispondente alla vita nominale dell'opera, si rimanda all'attività delle unità organizzative di Snam Rete Gas distribuite sul territorio.

Le attività di ispezione del percorso della linea risponde ad un obbligo espresso dal DM 17/4/2008 nei suoi termini generali e dall'ARERA attraverso il Testo Unico della Regolazione della qualità e delle tariffe per i servizi di trasporto e dispacciamento del gas naturale.

L'ispezione del tracciato del metanodotto è eseguita con diverse modalità da personale specializzato: con controllo aereo attraverso l'utilizzo di società specializzate che sorvolano i metanodotti o attraverso revisioni geologiche della rete che consistono in sopralluoghi condotti da personale specializzato nella valutazione della geomorfologia del territorio, al fine di verificare eventuali interferenze, al momento della costruzione dell'opera non presenti, tra il tracciato del gasdotto e dissesti del terreno.

Tali attività contribuiscono a prevenire e valutare la presenza di eventuali movimenti franosi in prossimità della condotta.

Una ulteriore modalità di individuazione dell'interazione tra le condotte ed eventuali movimenti del terreno è costituita dall'ispezione mediante PIG intelligenti, i quali sono in grado di individuare e segnalare anomalie sulla geometria della tubazione.

Il controllo della sicurezza della condotta durante l'esercizio, per quanto sopra esposto, risulta idoneo a garantire il monitoraggio delle condizioni di stabilità del versante in cui esso è posato.

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | Pagina 23 di 23 | Rev. 0 |

4 CONCLUSIONI

Il metanodotto in progetto interferisce con un'area a pericolosità P1 censita dal PAI nella parte meno acclive del versante e è caratterizzata da fenomeni gravitativi superficiali potenzialmente attivabili in fase di esecuzione dei lavori, allo stato non riscontrabili in campo.

Le verifiche di stabilità condotte ed in particolare quelle di tipo fronte scavo restituiscono un fattore di sicurezza minimo FS pari a 1,79 superiore a quello imposto da normativa (FS >1.2).

Le opere di mitigazione previste in progetto consistono nell'esecuzione di una trincea drenante parallela alla condotta oppure direttamente sotto la condotta stessa, funzionale al controllo delle acque e del livello di falda ed inibiscono la saturazione del terreno che potrebbe generare l'innescio di fenomeni di scivolamento superficiale.

Dai sopralluoghi e dai rilievi effettuati in campo, nonché dalle indagini geognostiche condotte per la caratterizzazione dell'area, non emergono criticità in merito alla stabilità dell'area di posa del metanodotto.

La definizione delle opere di mitigazione (trincea drenante) e ripristino, la cui progettazione di dettaglio viene rimandata alla fase di studio esecutivo dell'opera, unitamente al controllo costante delle fasi operative di cantiere, consentono il mantenimento delle condizioni di stabilità nella situazione di fronte scavo aperto, e garantiscono la gestione della sicurezza delle aree del pendio in cui la condotta è posata, per l'intera vita nominale dell'opera (50 anni).

Per tale ragione si può affermare che la realizzazione del metanodotto è compatibile con i disposti del Piano di Assetto Idrogeologico e con le esigenze di sicurezza idrogeologica del contesto in cui l'opera si inserisce.

Annesso 1: Indagini geognostiche

Annesso 2: Tabulato di calcolo verifiche di stabilità

| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | | Rev. 0 |

ANNESSO 1- RISULTATO INDAGINI GEOGNOSTICHE

Redattore
Dott. Geol. Marco Andolina

Oggetto **Progetto dei Metanodotto A2A - San Filippo del Mela**
DN 500 (20 ") DP 75 bar

Ordine n°
IP 853

Pag. 1

Operatore
Calogero Milazzo

Opera _____

Quota Bocca Foro s.l.m.:
48 m.

Coordinate X Y
X: 525044,91 - Y: 4227289,67

Tipo di perforazione:
Carotaggio continuo a rotaz. idraulica
Tipo sonda: **CMV 420**

SONDAGGIO S 07

Profondità raggiunta
15,00 m.

Inizio/Fine - Esecuzione
13/11/19 - 13/11/19

| Scala (mt.) | Litologia | Descrizione | Quota | RQD % | %Carotaggio | Quota falda acquifera | S.P.T. | Prelievo Campioni | Corona Carotatore | Pocket Penetrometer Kg/Cm ² | Scissometro Tascabile N/Cm ² | Strum. Geotecnica |
|-------------|-----------|---|-------|-------|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|--|---|-------------------|
| | | | | | 20 40 60 80 100 | | | | | | | |
| 1 | | Terreno Vegetale | 1,20 | | | | NON RILEVATA DURANTE LA PERFORAZIONE | CA 1 0,50 m. | W/CS | | | |
| 2 | | Argilla sabbiosa di colore marrone chiaro da poco a mediamente consistente | 3,70 | | | | | | | CA 2 1,25 m. | | |
| 3 | | | | | | | | | | CA 3 3,00 m. | | |
| 4 | | | | | | | | | | 4,00 m. | | |
| 5 | | Argilla limosa a tratti sabbiosa di colore da marrone chiaro a grigiastro, mediamatente consistente | | | | | | | | CI 1 4,30 m. | | |
| 6 | | | | | | | | | | 9,00 m. | | |
| 7 | | | | | | | | | | | CI 2 9,40 m. | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | Argilla marnosa di colore grigio scuro, consistente. | 11,80 | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | 15,00 | | | | | | | | | |

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Nel corso delle perforazioni meccaniche sono stati raccolti una serie di campioni indisturbati, tipo Q1, al fine di essere sottoposti a prove geotecniche di laboratorio.

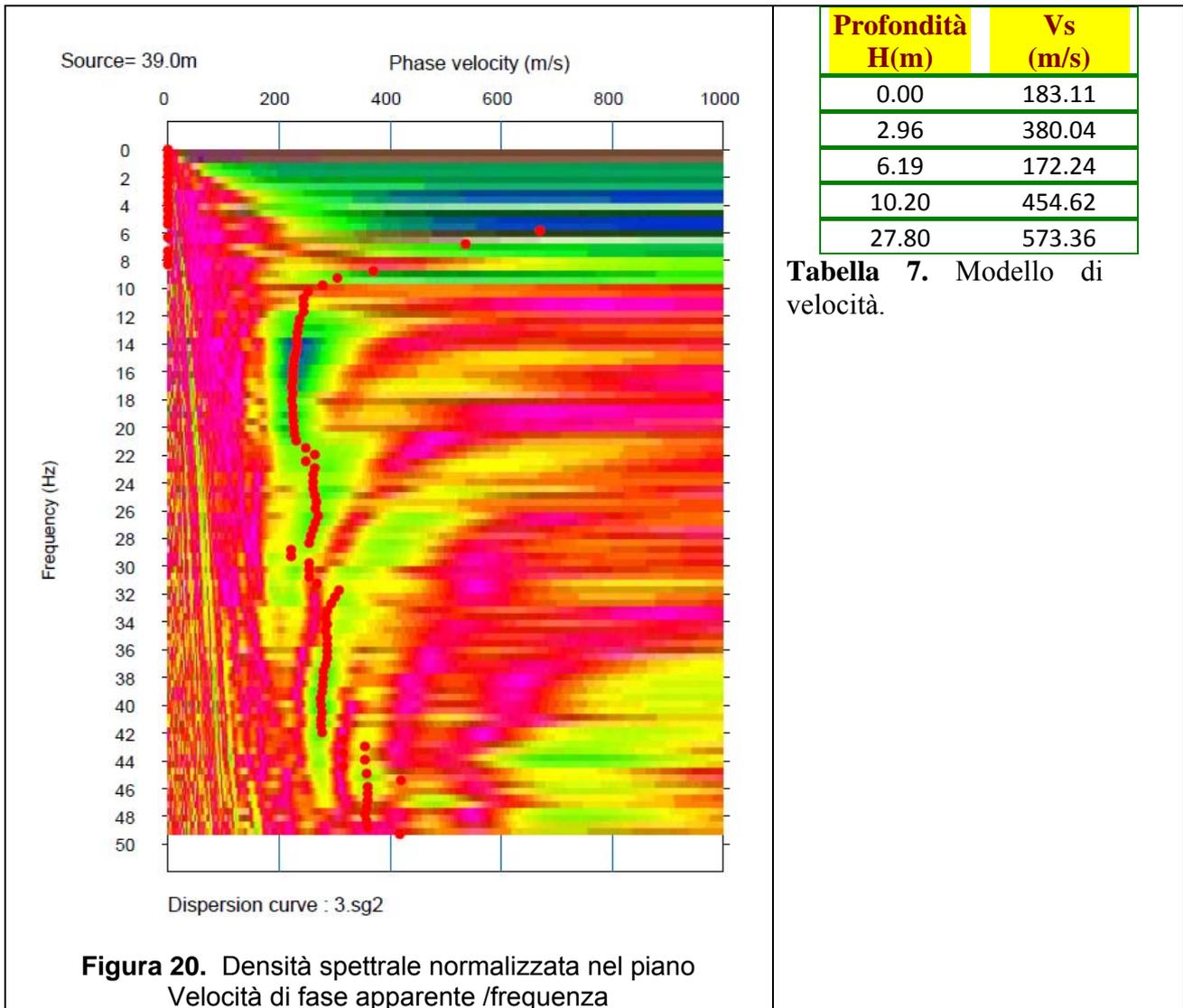
I campioni sono stati trasferiti e consegnati al laboratorio geotecnico Meccanica Terre e Rocce di F. Furia, autorizzato a svolgere e certificare le prove geotecniche ai sensi dell'art 59 del DPR 380/2001 - Ministero Infrastrutture e Trasporti.

Qui di seguito si riporta lo schema riepilogativo dei valori geotecnici scaturiti dall'interpretazione delle prove di laboratorio.

| Sond. | Camp. | prof. (m) | W (%) | γ (t/m ³) | γ_s | e _o | n | S _r (%) | granulometria | | | | limiti | | | Taglio | | | | |
|-------|-------|---------------|----------|---------------------------------|------------|----------------|------|-----------------------|---------------|-------------|-----------|--------------|--------|----|----------------|---------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
| | | | | | | | | | Giàia % | Sabbia % | Limo % | Argilla % | LL | LP | I _c | CLASS. UNI 10006 | c' KN/m ² | ϕ^t (°) | c _r KN/m ² | ϕ^r (°) |
| S 1 | C 1 | 3,00 - 3,40 | 24,76 | 1,98 | 2,77 | 0,74 | 0,43 | 92,25 | 3,82 | 12,13 | 37,60 | 46,66 | 46 | 29 | 1,28 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 1 | C 2 | 6,00 - 6,30 | 18,02 | 2,06 | 2,68 | 0,54 | 0,35 | 89,93 | 6,89 | 40,66 | 27,46 | 24,81 | 37 | 20 | 1,12 | A6 | -- | -- | -- | -- |
| S 2 | C 1 | 4,00 - 4,30 | 9,44 | 1,95 | 2,71 | 0,52 | 0,34 | 48,84 | 18,80 | 50,55 | 21,61 | 9,05 | 28 | 12 | 1,14 | A2-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 2 | C 2 | 6,00 - 6,40 | 28,40 | 1,90 | 2,63 | 0,78 | 0,44 | 96,11 | 0,00 | 3,40 | 38,24 | 58,36 | 51 | 29 | 1,03 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 2 | C 3 | 12,00 - 12,30 | 25,58 | 2,02 | 2,74 | 0,71 | 0,42 | 98,96 | 0,00 | 3,53 | 32,39 | 64,08 | 48 | 24 | 0,94 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 3 | C 1 | 5,00 - 5,30 | 19,99 | 1,85 | 2,71 | 0,76 | 0,43 | 71,60 | 1,30 | 35,51 | 27,44 | 35,75 | 37 | 18 | 0,91 | A6 | 30 | 28 | -- | -- |
| S 3 | C 2 | 7,00 - 7,30 | 13,33 | 2,04 | 2,73 | 0,52 | 0,34 | 70,09 | 2,95 | 66,48 | 20,00 | 10,58 | 26 | 11 | 0,87 | A2-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 3 | C 3 | 9,00 - 9,30 | 13,15 | 1,90 | 2,66 | 0,59 | 0,37 | 59,51 | 3,80 | 76,97 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| S 4 | C 1 | 4,00 - 4,40 | 18,31 | 2,01 | 2,65 | 0,55 | 0,36 | 87,39 | 2,01 | 32,30 | 24,31 | 41,38 | 46 | 19 | 1,01 | A7-6 | 28 | 30 | -- | -- |
| S 4 | C 2 | 13,70 - 14,00 | 33,40 | 1,80 | 2,76 | 0,93 | 0,48 | 98,75 | 0,29 | 3,93 | 47,72 | 48,07 | 49 | 30 | 0,82 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 5 | C 1 | 5,00 - 5,30 | 22,03 | 1,93 | 2,68 | 0,69 | 0,41 | 85,03 | 0,00 | 5,53 | 39,64 | 54,82 | 62 | 26 | 1,11 | A7-6 | 41 | 22 | 11 | 14 |
| S 5 | C 2 | 10,80 - 11,00 | 32,09 | 1,88 | 2,67 | 0,88 | 0,47 | 97,68 | 0,00 | 2,33 | 33,96 | 63,71 | 56 | 30 | 0,94 | A7-5 | 18 | 25 | -- | -- |
| S 5 | C 3 | 17,00 - 17,30 | 31,39 | 1,90 | 2,67 | 0,84 | 0,46 | 99,21 | 0,00 | 3,14 | 37,39 | 56,47 | 53 | 30 | 0,94 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 6 | C 1 | 3,70 - 4,00 | 32,12 | 1,92 | 2,74 | 0,89 | 0,47 | 99,32 | 0,00 | 1,83 | 30,10 | 68,07 | 58 | 28 | 0,86 | A7-6 | 34 | 20 | 4 | 9 |
| S 6 | C 2 | 7,60 - 8,00 | 29,38 | 1,90 | 2,62 | 0,78 | 0,44 | 98,70 | 0,00 | 1,63 | 36,32 | 62,05 | 59 | 30 | 1,03 | A7-5 | 26 | 24 | -- | -- |
| S 6 | C 3 | 14,80 - 15,00 | 37,93 | 1,85 | 2,75 | 1,05 | 0,51 | 99,17 | 0,00 | 1,82 | 39,55 | 58,62 | 61 | 32 | 0,81 | A7-5 | -- | -- | -- | -- |
| S 7 | C 1 | 4,00 - 4,30 | 22,20 | 1,87 | 2,68 | 0,75 | 0,43 | 78,89 | 4,01 | 18,26 | 25,46 | 52,28 | 48 | 20 | 0,94 | A7-6 | 32 | 19 | -- | -- |
| S 7 | C 2 | 9,00 - 9,40 | 28,98 | 1,90 | 2,69 | 0,83 | 0,45 | 94,42 | 0,00 | 3,39 | 37,95 | 58,67 | 53 | 26 | 0,88 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 7 | C 3 | 12,70 - 13,00 | 30,37 | 1,90 | 2,66 | 0,82 | 0,45 | 98,29 | 1,76 | 7,26 | 42,40 | 48,57 | 55 | 28 | 0,90 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 8 | C 1 | 4,70 - 5,00 | 25,16 | 1,94 | 2,76 | 0,78 | 0,44 | 88,57 | 11,52 | 16,19 | 28,21 | 44,07 | 50 | 23 | 0,91 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 8 | C 2 | 7,40 - 7,70 | 31,94 | 1,88 | 2,65 | 0,86 | 0,46 | 98,80 | 0,00 | 2,59 | 38,46 | 58,95 | 54 | 30 | 0,91 | A7-6 | -- | -- | -- | -- |
| S 10 | C 1 | 3,20 - 3,60 | 18,86 | 2,15 | 2,78 | 0,52 | 0,34 | 98,91 | 0,96 | 50,91 | 23,79 | 24,34 | -- | -- | -- | -- | 23 | 28 | -- | -- |
| S 10 | C 2 | 6,00 - 6,40 | 11,07 | 2,20 | 2,70 | 0,36 | 0,27 | 82,75 | 11,45 | 57,52 | 17,54 | 13,48 | -- | -- | -- | -- | 18 | 32 | -- | -- |

6.4.1 - M.A.S.W. 4

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 6.11 Hz e 40.2 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 508.7 m/s e 251.05 m/s (Fig. 11). La curva di dispersione ha un andamento normale dispersivo.



La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità (Fig. 21) ha uno scarto RMSE pari a 10.173 m/s con la curva di dispersione sperimentale, che rappresenta il modo fondamentale.

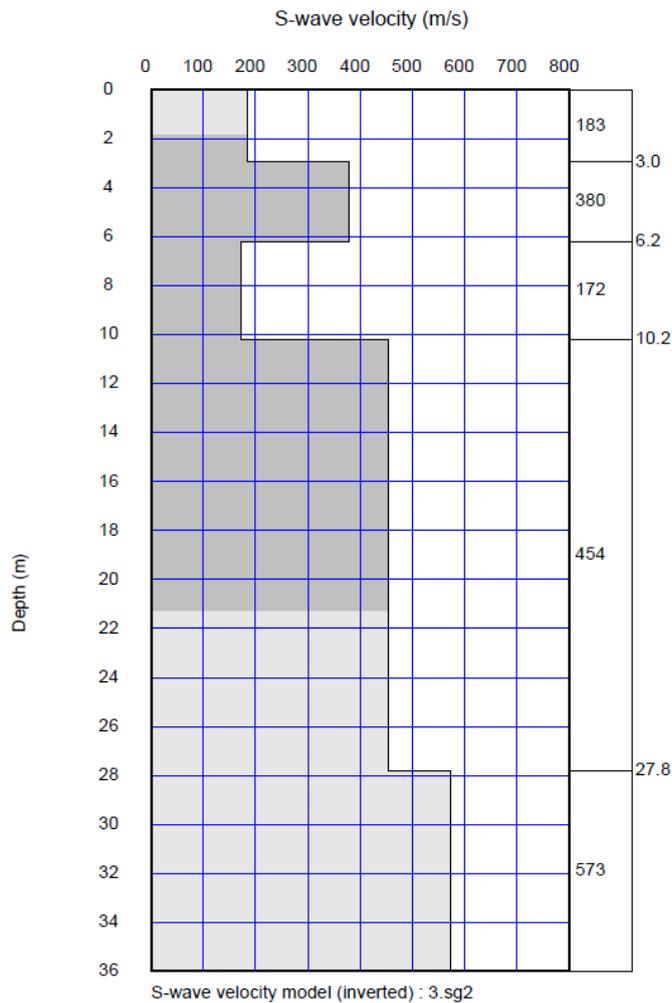


Figura 21. Modello di velocità del sottosuolo.

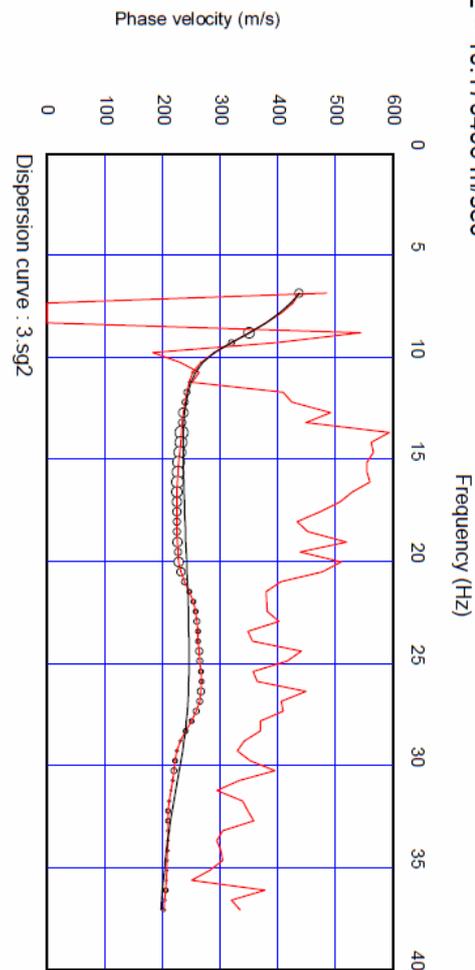


Figura 22. Confronto tra curva di dispersione teorica calcolata attraverso il modello di velocità teorico del sottosuolo (curva nera) con la curva sperimentale (curva rossa con cerchi vuoti).

| Sismostrato | Profondità (m-) | Spessore30 – h -(m-) | V_s (m/s) | h/V_s (sec ⁻¹) | V_{sEQ} (30) (m/s) |
|-------------|-----------------|----------------------|-------------|------------------------------|----------------------|
| 1 | 0.00 | 2.96 | 183.11 | 0.0162 | 331.47 |
| 2 | 2.96 | 3.23 | 380.04 | 0.0085 | |
| 3 | 6.19 | 4.01 | 172.24 | 0.0233 | |
| 4 | 10.20 | 17.60 | 454.62 | 0.0387 | |
| 5 | 27.80 | 2.20 | 573.36 | 0.0038 | |

M.T.R. del Dott. Filippo Furia



Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 17/12/2019 09:46:36

Site: Milazzo - Test: cptuS7

Company information

Name: M.T.R. del Dott. Filippo Furia

Address: Via Cristoforo Colombo, 69

Zip code: 94018

City: Troina

P.IVA: 00602230864

E-Mail: mtr.furia@alice.it

Phone number: 0935 657178

Fax number:

Site information

Name: Milazzo

Date: 17/12/2019

Commissioner: COMIS

Locality: San Filippo del Mela

Test information

Name: cptuS7

Location: milazzo

Date: 17/12/2019 09:46:36

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 0

Ground level [cm]: 0

Latitude: 38.192698

Longitude: 15.286325

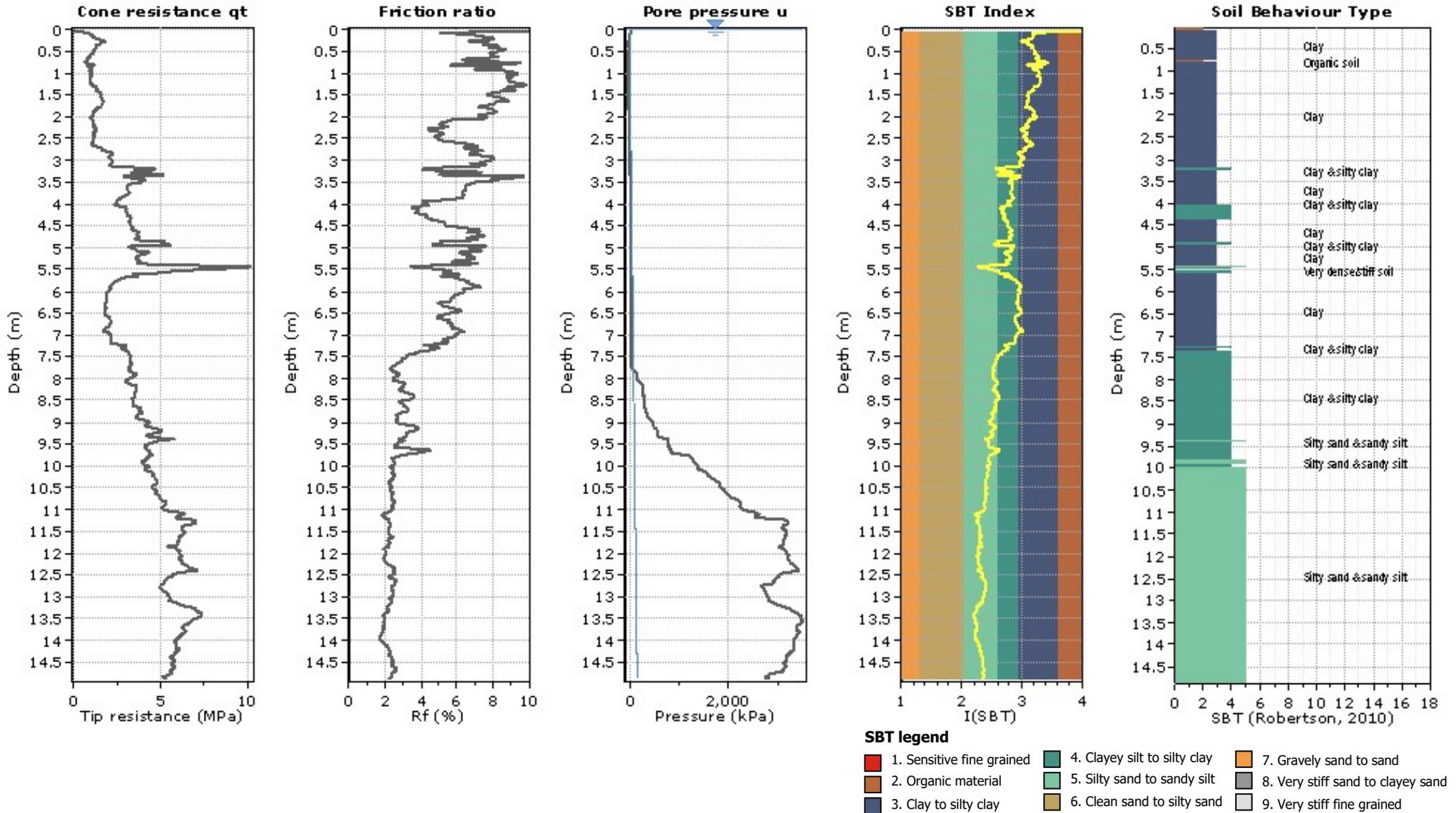
Operator: filippo carmeni

Comments:

Probe code: Mkj609



Project: ENERGIE FUTURE
Location: SAN FILIPPO DEL MELA





| Depth [cm] | Qc [MPa] | Fs [KPa] | U2 [KPa] | Rf [%] | U2/Qc [%] | Qc-U2 [MPa] | Tilt [°] | Dist [cm] | Speed [cm/sec] |
|------------|----------|----------|----------|--------|-----------|-------------|----------|-----------|----------------|
| 10 | 0,94 | 8,1 | 7,38 | 0,86 | 0,785106 | 0,93262 | 0,79 | 0,1 | 1,6 |
| 20 | 1,3 | 41,62 | -19,05 | 3,21 | -1,465385 | 1,31905 | 0,75 | 0,24 | 1,6 |
| 30 | 1,73 | 89,19 | -31,99 | 5,15 | -1,849133 | 1,76199 | 0,84 | 0,38 | 1,7 |
| 40 | 1,34 | 124,48 | -42,38 | 9,26 | -3,162687 | 1,38238 | 0,79 | 0,52 | 1,7 |
| 50 | 1,19 | 108,94 | -32,45 | 9,12 | -2,726891 | 1,22245 | 0,73 | 0,65 | 1,6 |
| 60 | 0,95 | 103,43 | -42,47 | 10,84 | -4,470526 | 0,99247 | 0,79 | 0,79 | 1,6 |
| 70 | 0,88 | 83,08 | -42,75 | 9,44 | -4,857955 | 0,92275 | 0,73 | 0,92 | 1,6 |
| 80 | 1,11 | 58,3 | -40,1 | 5,26 | -3,612613 | 1,1501 | 0,73 | 1,02 | 1,8 |
| 90 | 0,95 | 69,5 | -37,09 | 7,28 | -3,904211 | 0,98709 | 0,69 | 1,15 | 1,7 |
| 100 | 1,04 | 68,93 | -35,82 | 6,6 | -3,444231 | 1,07582 | 0,75 | 1,28 | 1,8 |
| 110 | 1 | 90,04 | -34,54 | 8,98 | -3,454 | 1,03454 | 0,71 | 1,41 | 1,9 |
| 120 | 0,98 | 95,14 | -33,9 | 9,7 | -3,459184 | 1,0139 | 0,71 | 1,53 | 1,9 |
| 130 | 1,2 | 86,25 | -33,63 | 7,19 | -2,8025 | 1,23363 | 0,68 | 1,65 | 1,7 |
| 140 | 1,3 | 107,55 | -33,18 | 8,3 | -2,552308 | 1,33318 | 0,65 | 1,77 | 1,7 |
| 150 | 1,63 | 118,05 | -32,45 | 7,26 | -1,990798 | 1,66245 | 0,65 | 1,88 | 1,8 |
| 160 | 1,64 | 124,13 | -30,99 | 7,58 | -1,889634 | 1,67099 | 0,63 | 1,99 | 1,7 |
| 170 | 1,69 | 135,24 | -30,08 | 8 | -1,779882 | 1,72008 | 0,62 | 2,11 | 1,9 |
| 180 | 1,42 | 142,52 | -29,07 | 10,05 | -2,047183 | 1,44907 | 0,69 | 2,2 | 1,8 |
| 190 | 1,17 | 113,5 | -28,8 | 9,68 | -2,461538 | 1,1988 | 0,69 | 2,32 | 1,9 |
| 200 | 1,01 | 98,46 | -28,34 | 9,72 | -2,805941 | 1,03834 | 0,62 | 2,44 | 1,8 |
| 210 | 1,12 | 80,48 | -27,62 | 7,15 | -2,466071 | 1,14762 | 0,63 | 2,55 | 1,8 |
| 220 | 1,2 | 67,1 | -26,16 | 5,59 | -2,18 | 1,22616 | 0,58 | 2,66 | 1,7 |
| 230 | 1,33 | 60,23 | -25,7 | 4,52 | -1,932331 | 1,3557 | 0,54 | 2,76 | 1,9 |
| 240 | 1,19 | 58,49 | -24,88 | 4,9 | -2,090756 | 1,21488 | 0,63 | 2,86 | 1,8 |
| 250 | 1,15 | 61,08 | -22,88 | 5,33 | -1,989565 | 1,17288 | 0,68 | 2,97 | 2 |
| 260 | 1,08 | 55,89 | -17,95 | 5,19 | -1,662037 | 1,09795 | 0,69 | 3,09 | 1,8 |
| 270 | 1,42 | 65,1 | -16,13 | 4,59 | -1,135915 | 1,43613 | 0,75 | 3,21 | 1,8 |
| 280 | 1,83 | 86,43 | -10,39 | 4,73 | -0,56776 | 1,84039 | 0,71 | 3,31 | 1,9 |
| 290 | 2,03 | 124,35 | -8,75 | 6,14 | -0,431034 | 2,03875 | 0,78 | 3,44 | 1,9 |
| 300 | 2,29 | 151,13 | -7,93 | 6,59 | -0,346288 | 2,29793 | 0,78 | 3,58 | 1,9 |
| 310 | 2,07 | 168,47 | -6,11 | 8,12 | -0,295169 | 2,07611 | 0,84 | 3,72 | 2 |
| 320 | 4,37 | 155,3 | -2,19 | 3,56 | -0,050114 | 4,37219 | 0,91 | 3,87 | 2 |
| 330 | 4,72 | 185,69 | -3,01 | 3,94 | -0,063771 | 4,72301 | 0,94 | 4,03 | 1,9 |
| 340 | 2,93 | 244,05 | 1,28 | 8,34 | 0,043686 | 2,92872 | 0,98 | 4,21 | 1,8 |
| 350 | 3,96 | 300,54 | 4,37 | 7,59 | 0,110354 | 3,95563 | 1,05 | 4,39 | 2 |
| 360 | 3,09 | 303,55 | 6,93 | 9,82 | 0,224272 | 3,08307 | 1,05 | 4,57 | 1,9 |
| 370 | 3,17 | 207,49 | 7,38 | 6,54 | 0,232808 | 3,16262 | 1,05 | 4,75 | 1,9 |
| 380 | 3,02 | 202,4 | 6,29 | 6,7 | 0,208278 | 3,01371 | 1,11 | 4,9 | 2 |
| 390 | 2,6 | 198,32 | 6,11 | 7,64 | 0,235 | 2,59389 | 1,18 | 5,1 | 2,1 |
| 400 | 2,42 | 158,85 | 6,38 | 6,56 | 0,263636 | 2,41362 | 1,25 | 5,31 | 2 |



| Depth [cm] | Qc [MPa] | Fs [KPa] | U2 [KPa] | Rf [%] | U2/Qc [%] | Qc-U2 [MPa] | Tilt [°] | Dist [cm] | Speed [cm/sec] |
|------------|----------|----------|----------|--------|-----------|-------------|----------|-----------|----------------|
| 410 | 3,15 | 102,2 | 11,94 | 3,25 | 0,379048 | 3,13806 | 1,32 | 5,53 | 1,9 |
| 420 | 3,08 | 103,94 | 12,85 | 3,37 | 0,417208 | 3,06715 | 1,39 | 5,76 | 2 |
| 430 | 3,3 | 113,24 | 16,13 | 3,43 | 0,488788 | 3,28387 | 1,39 | 6,01 | 2 |
| 440 | 3,19 | 139,16 | 18,05 | 4,36 | 0,565831 | 3,17195 | 1,45 | 6,26 | 2 |
| 450 | 3,35 | 152,36 | 18,78 | 4,54 | 0,560597 | 3,33122 | 1,45 | 6,51 | 2 |
| 460 | 3,47 | 174,99 | 19,5 | 5,05 | 0,56196 | 3,4505 | 1,52 | 6,77 | 2,1 |
| 470 | 3,79 | 221,52 | 19,96 | 5,84 | 0,526649 | 3,77004 | 1,52 | 7,04 | 2 |
| 480 | 3,57 | 265,51 | 16,95 | 7,43 | 0,47479 | 3,55305 | 1,59 | 7,25 | 2 |
| 490 | 5,08 | 245,44 | 18,23 | 4,83 | 0,358858 | 5,06177 | 1,52 | 7,52 | 1,9 |
| 500 | 3,37 | 264,27 | 20,6 | 7,84 | 0,611276 | 3,3494 | 1,52 | 7,79 | 2,1 |
| 510 | 4,39 | 257,72 | 22,15 | 5,87 | 0,504556 | 4,36785 | 1,52 | 8,05 | 1,9 |
| 520 | 3,64 | 270,16 | 23,15 | 7,43 | 0,635989 | 3,61685 | 1,59 | 8,32 | 2 |
| 530 | 3,89 | 257,06 | 24,7 | 6,61 | 0,634961 | 3,8653 | 1,53 | 8,59 | 2,1 |
| 540 | 4,58 | 247,37 | 26,52 | 5,4 | 0,579039 | 4,55348 | 1,55 | 8,86 | 2 |
| 550 | 7,36 | 272,19 | 29,62 | 3,7 | 0,402446 | 7,33038 | 1,69 | 9,14 | 2,2 |
| 560 | 3,41 | 408,31 | 29,53 | 11,98 | 0,865982 | 3,38047 | 1,67 | 9,43 | 2,2 |
| 570 | 2,82 | 276,55 | 30,35 | 9,81 | 1,076241 | 2,78965 | 1,67 | 9,72 | 2,2 |
| 580 | 2,32 | 180,5 | 28,62 | 7,76 | 1,233621 | 2,29138 | 1,74 | 9,96 | 1,9 |
| 590 | 2,04 | 162,36 | 28,44 | 7,95 | 1,394118 | 2,01156 | 1,74 | 10,26 | 2 |
| 600 | 2,05 | 151,1 | 28,16 | 7,36 | 1,373659 | 2,02184 | 1,74 | 10,57 | 2 |
| 610 | 1,95 | 136,03 | 27,89 | 6,99 | 1,430256 | 1,92211 | 1,83 | 10,88 | 2 |
| 620 | 1,93 | 117,77 | 27,8 | 6,1 | 1,440415 | 1,9022 | 1,9 | 11,2 | 1,9 |
| 630 | 1,82 | 110,74 | 27,52 | 6,09 | 1,512088 | 1,79248 | 1,97 | 11,53 | 2 |
| 640 | 1,91 | 95,08 | 27,34 | 4,97 | 1,431414 | 1,88266 | 2,04 | 11,88 | 2,1 |
| 650 | 1,82 | 102,83 | 27,16 | 5,66 | 1,492308 | 1,79284 | 2,04 | 12,23 | 1,9 |
| 660 | 2,09 | 109,16 | 27,16 | 5,22 | 1,299522 | 2,06284 | 2,11 | 12,6 | 2 |
| 670 | 2,18 | 96,37 | 26,98 | 4,43 | 1,237615 | 2,15302 | 2,11 | 12,97 | 1,8 |
| 680 | 2 | 119,92 | 25,79 | 6 | 1,2895 | 1,97421 | 2,11 | 13,26 | 1,8 |
| 690 | 1,73 | 118,62 | 25,52 | 6,85 | 1,475145 | 1,70448 | 2,11 | 13,63 | 2 |
| 700 | 2,13 | 109,57 | 25,79 | 5,14 | 1,210798 | 2,10421 | 2,11 | 14 | 1,9 |
| 710 | 2,19 | 124,6 | 25,7 | 5,69 | 1,173516 | 2,1643 | 2,11 | 14,36 | 1,8 |
| 720 | 2,27 | 122,74 | 25,79 | 5,4 | 1,136123 | 2,24421 | 2,18 | 14,74 | 2 |
| 730 | 2,74 | 122,64 | 26,07 | 4,48 | 0,95146 | 2,71393 | 2,18 | 15,12 | 1,9 |
| 740 | 3,19 | 139,26 | 26,52 | 4,37 | 0,831348 | 3,16348 | 2,16 | 15,5 | 2 |
| 750 | 3,28 | 128,85 | 26,7 | 3,92 | 0,814024 | 3,2533 | 2,16 | 15,87 | 2 |
| 760 | 3,23 | 105,55 | 26,8 | 3,27 | 0,829721 | 3,2032 | 2,15 | 16,25 | 2,1 |
| 770 | 3,23 | 97,89 | 27,25 | 3,03 | 0,843653 | 3,20275 | 2,14 | 16,62 | 1,8 |
| 780 | 3,22 | 91,18 | 75,01 | 2,83 | 2,329503 | 3,14499 | 2,14 | 16,92 | 2,1 |
| 790 | 3,61 | 76,31 | 144,28 | 2,11 | 3,996676 | 3,46572 | 2,14 | 17,3 | 2,2 |
| 800 | 3,25 | 93,94 | 148,01 | 2,89 | 4,554154 | 3,10199 | 2,14 | 17,67 | 2,1 |



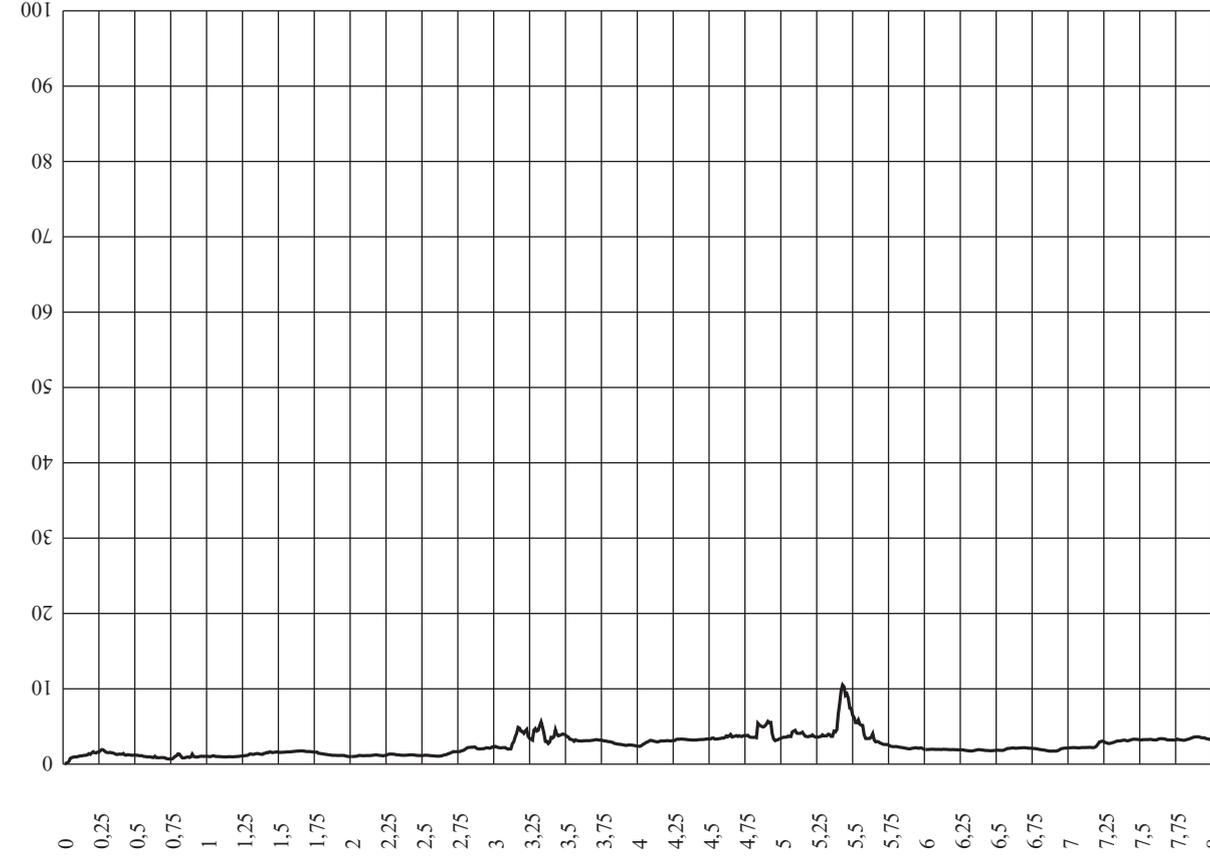
| Depth [cm] | Qc [MPa] | Fs [KPa] | U2 [KPa] | Rf [%] | U2/Qc [%] | Qc-U2 [MPa] | Tilt [°] | Dist [cm] | Speed [cm/sec] |
|------------|----------|----------|----------|--------|-----------|-------------|----------|-----------|----------------|
| 810 | 3,15 | 88,33 | 218,83 | 2,8 | 6,946984 | 2,93117 | 2,14 | 18,04 | 2,3 |
| 820 | 3,59 | 88,62 | 267,95 | 2,47 | 7,463788 | 3,32205 | 2,22 | 18,42 | 2,2 |
| 830 | 3,52 | 108,43 | 275,79 | 3,08 | 7,834943 | 3,24421 | 2,23 | 18,81 | 2 |
| 840 | 3,49 | 102,13 | 282,45 | 2,92 | 8,093123 | 3,20755 | 2,3 | 19,21 | 2 |
| 850 | 3,4 | 125,78 | 284 | 3,7 | 8,352941 | 3,116 | 2,3 | 19,61 | 2,1 |
| 860 | 3,34 | 116,82 | 286,82 | 3,49 | 8,587425 | 3,05318 | 2,37 | 20,01 | 2,1 |
| 870 | 3,72 | 101,94 | 315,26 | 2,74 | 8,474731 | 3,40474 | 2,37 | 20,43 | 2,1 |
| 880 | 3,9 | 123,69 | 340,14 | 3,17 | 8,721538 | 3,55986 | 2,36 | 20,75 | 2 |
| 890 | 3,58 | 121,72 | 376,69 | 3,4 | 10,522067 | 3,20331 | 2,43 | 21,17 | 2 |
| 900 | 4,24 | 97,92 | 463,54 | 2,31 | 10,932547 | 3,77646 | 2,5 | 21,6 | 2 |
| 910 | 4,15 | 110,27 | 478,49 | 2,66 | 11,52988 | 3,67151 | 2,5 | 22,04 | 2,2 |
| 920 | 4,96 | 140,75 | 561,52 | 2,84 | 11,320968 | 4,39848 | 2,64 | 22,49 | 1,9 |
| 930 | 4,12 | 187,94 | 573,73 | 4,57 | 13,925485 | 3,54627 | 2,64 | 22,95 | 1,9 |
| 940 | 5,59 | 142,17 | 773,15 | 2,54 | 13,830948 | 4,81685 | 2,79 | 23,43 | 2,1 |
| 950 | 4,16 | 159,61 | 775,98 | 3,83 | 18,653365 | 3,38402 | 2,86 | 23,92 | 2,1 |
| 960 | 4 | 126,35 | 806,05 | 3,16 | 20,15125 | 3,19395 | 2,93 | 24,43 | 2,1 |
| 970 | 4,2 | 107,26 | 846,34 | 2,56 | 20,150952 | 3,35366 | 2,93 | 24,94 | 2,1 |
| 980 | 4,03 | 189,64 | 1230,31 | 4,71 | 30,528784 | 2,79969 | 3 | 25,36 | 1,9 |
| 990 | 3,74 | 120,11 | 1286,73 | 3,21 | 34,404545 | 2,45327 | 3,07 | 25,89 | 1,8 |
| 1000 | 4,08 | 101,72 | 1372,95 | 2,49 | 33,650735 | 2,70705 | 3,14 | 26,43 | 1,9 |
| 1010 | 3,82 | 104,35 | 1412,23 | 2,73 | 36,969372 | 2,40777 | 3,22 | 26,99 | 1,8 |
| 1020 | 4,25 | 101,47 | 1560,43 | 2,38 | 36,716 | 2,68957 | 3,29 | 27,55 | 1,9 |
| 1030 | 4,4 | 111,28 | 1690,85 | 2,53 | 38,428409 | 2,70915 | 3,36 | 28,14 | 1,8 |
| 1040 | 4,46 | 116,22 | 1821,27 | 2,6 | 40,83565 | 2,63873 | 3,43 | 28,73 | 1,8 |
| 1050 | 4,17 | 108,4 | 1840,96 | 2,6 | 44,147722 | 2,32904 | 3,5 | 29,34 | 1,8 |
| 1060 | 4,37 | 109,13 | 1944,77 | 2,5 | 44,502746 | 2,42523 | 3,57 | 29,96 | 1,9 |
| 1070 | 4,55 | 110,2 | 2026,07 | 2,42 | 44,529011 | 2,52393 | 3,64 | 30,6 | 1,8 |
| 1080 | 4,76 | 118,4 | 2192,49 | 2,49 | 46,060714 | 2,56751 | 3,64 | 31,11 | 1,9 |
| 1090 | 4,79 | 122,58 | 2224,94 | 2,56 | 46,449687 | 2,56506 | 3,71 | 31,76 | 1,9 |
| 1100 | 4,76 | 132,93 | 2280,08 | 2,8 | 47,90084 | 2,47992 | 3,86 | 32,42 | 1,8 |
| 1110 | 5,89 | 128,85 | 2611,28 | 2,19 | 44,334126 | 3,27872 | 3,93 | 33,1 | 2 |
| 1120 | 5,51 | 129,07 | 2918,06 | 2,34 | 52,959347 | 2,59194 | 4 | 33,8 | 2 |
| 1130 | 6,4 | 120,87 | 3166,61 | 1,89 | 49,478281 | 3,23339 | 4,07 | 34,5 | 1,9 |
| 1140 | 5,7 | 156,19 | 3086,31 | 2,74 | 54,145789 | 2,61369 | 4,15 | 35,22 | 1,9 |
| 1150 | 5,8 | 151,63 | 3143,18 | 2,62 | 54,192759 | 2,65682 | 4,22 | 35,95 | 1,9 |
| 1160 | 5,55 | 142,9 | 3130,61 | 2,57 | 56,407387 | 2,41939 | 4,29 | 36,69 | 1,8 |
| 1170 | 5,42 | 142,3 | 3103,17 | 2,63 | 57,254059 | 2,31683 | 4,3 | 37,44 | 2 |
| 1180 | 5,31 | 136,69 | 3084,21 | 2,57 | 58,083051 | 2,22579 | 4,37 | 38,05 | 0,7 |
| 1190 | 5,27 | 136,31 | 3049,49 | 2,59 | 57,865085 | 2,22051 | 4,38 | 38,81 | 1,9 |
| 1200 | 5,44 | 120,02 | 3150,84 | 2,2 | 57,919853 | 2,28916 | 4,39 | 39,58 | 1,9 |



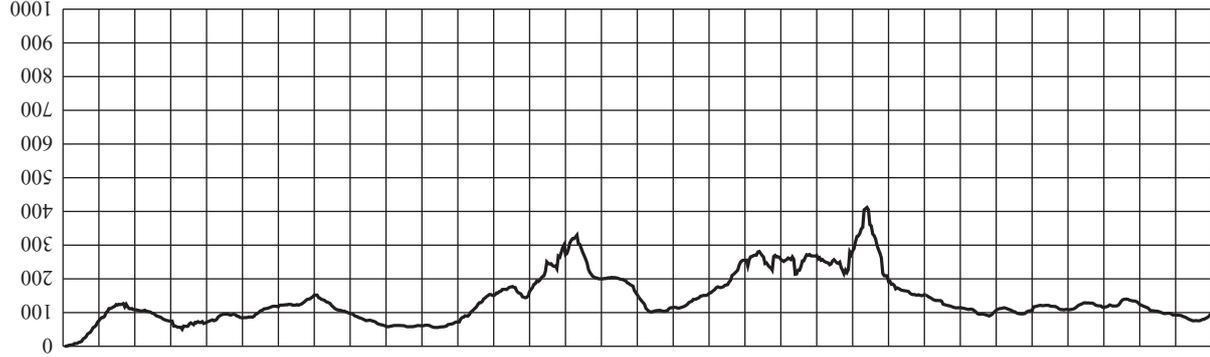
| Depth [cm] | Qc [MPa] | Fs [KPa] | U2 [KPa] | Rf [%] | U2/Qc [%] | Qc-U2 [MPa] | Tilt [°] | Dist [cm] | Speed [cm/sec] |
|------------|----------|----------|----------|--------|-----------|-------------|----------|-----------|----------------|
| 1210 | 5,5 | 125,65 | 3169,98 | 2,29 | 57,636 | 2,33002 | 4,46 | 40,35 | 2 |
| 1220 | 5,57 | 123,69 | 3224,48 | 2,22 | 57,890126 | 2,34552 | 4,47 | 41,13 | 1,9 |
| 1230 | 5,9 | 126,72 | 3338,59 | 2,15 | 56,586271 | 2,56141 | 4,55 | 41,92 | 2 |
| 1240 | 6,47 | 146,7 | 3400,47 | 2,27 | 52,557496 | 3,06953 | 4,62 | 42,73 | 2,1 |
| 1250 | 5,15 | 179,23 | 3014,22 | 3,48 | 58,528544 | 2,13578 | 4,69 | 43,54 | 2 |
| 1260 | 4,8 | 153,03 | 2923,53 | 3,19 | 60,906875 | 1,87647 | 4,68 | 44,35 | 2 |
| 1270 | 4,59 | 126,76 | 2857,55 | 2,76 | 62,255991 | 1,73245 | 4,74 | 45,18 | 2,1 |
| 1280 | 4,52 | 136,98 | 2680,92 | 3,03 | 59,312389 | 1,83908 | 4,82 | 45,85 | 2,1 |
| 1290 | 4,78 | 120,55 | 2742,07 | 2,52 | 57,365481 | 2,03793 | 4,89 | 46,69 | 2 |
| 1300 | 4,98 | 127,26 | 2774,61 | 2,56 | 55,71506 | 2,20539 | 4,97 | 47,55 | 1,9 |
| 1310 | 4,95 | 134,54 | 2796,3 | 2,72 | 56,490909 | 2,1537 | 5,05 | 48,42 | 2 |
| 1320 | 5,7 | 128,18 | 3016,31 | 2,25 | 52,917719 | 2,68369 | 5,13 | 49,31 | 1,9 |
| 1330 | 6,41 | 140,24 | 3243,62 | 2,19 | 50,602496 | 3,16638 | 5,28 | 50,21 | 2,1 |
| 1340 | 6,69 | 149,64 | 3401,93 | 2,24 | 50,850972 | 3,28807 | 5,35 | 51,14 | 2 |
| 1350 | 6,31 | 153,03 | 3453,88 | 2,42 | 54,736609 | 2,85612 | 5,49 | 52,09 | 2 |
| 1360 | 5,96 | 141,85 | 3442,95 | 2,38 | 57,767617 | 2,51705 | 5,56 | 53,05 | 2 |
| 1370 | 5,6 | 131,63 | 3360,01 | 2,35 | 60,000179 | 2,23999 | 5,56 | 54,02 | 2,1 |
| 1380 | 5,82 | 125,52 | 3401,66 | 2,16 | 58,447766 | 2,41834 | 5,63 | 54,8 | 1,8 |
| 1390 | 5,45 | 125,68 | 3355,18 | 2,3 | 61,562936 | 2,09482 | 5,71 | 55,79 | 1,9 |
| 1400 | 5,19 | 110,52 | 3296,66 | 2,13 | 63,519461 | 1,89334 | 5,71 | 56,79 | 1,9 |
| 1410 | 5,25 | 103,05 | 3286,37 | 1,96 | 62,597524 | 1,96363 | 5,78 | 57,79 | 1,9 |
| 1420 | 5,41 | 115,58 | 3299,22 | 2,14 | 60,983734 | 2,11078 | 5,85 | 58,8 | 1,9 |
| 1430 | 5,2 | 132,39 | 3214,27 | 2,54 | 61,812885 | 1,98573 | 5,92 | 59,83 | 1,9 |
| 1440 | 4,93 | 137,8 | 3133,52 | 2,8 | 63,560243 | 1,79648 | 5,93 | 60,86 | 1,9 |
| 1450 | 5,13 | 131,19 | 3129,78 | 2,56 | 61,009357 | 2,00022 | 6 | 61,9 | 2 |
| 1460 | 5,17 | 142,04 | 3130,24 | 2,75 | 60,546228 | 2,03976 | 6,07 | 62,96 | 2 |
| 1470 | 5 | 138,66 | 3072,09 | 2,77 | 61,4418 | 1,92791 | 6,14 | 64,03 | 2,1 |
| 1480 | 4,78 | 148,12 | 2773,24 | 3,1 | 58,017573 | 2,00676 | 6,21 | 64,89 | 1,8 |
| 1490 | 4,95 | 133,78 | 2828,75 | 2,7 | 57,146465 | 2,12125 | 6,22 | 65,97 | 1,9 |
| 1500 | 4,56 | 120,65 | 2731,59 | 2,64 | 59,903289 | 1,82841 | 6,22 | 67,06 | 1,9 |



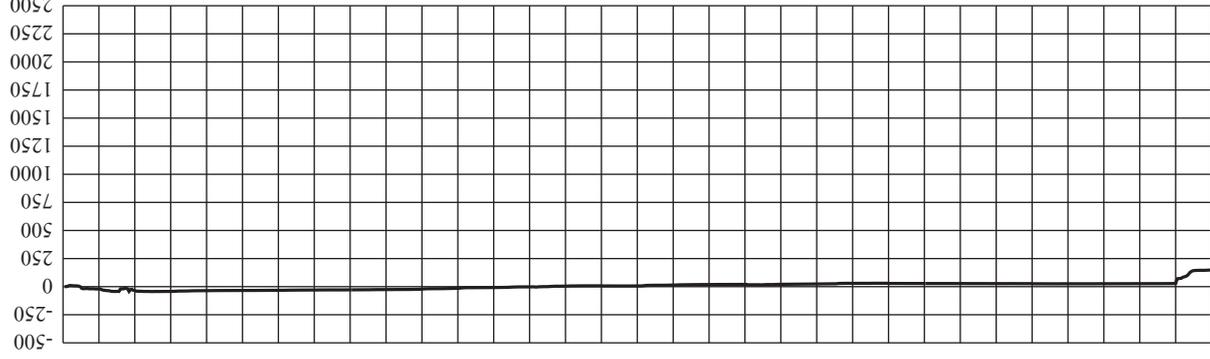
Qc [MPa]



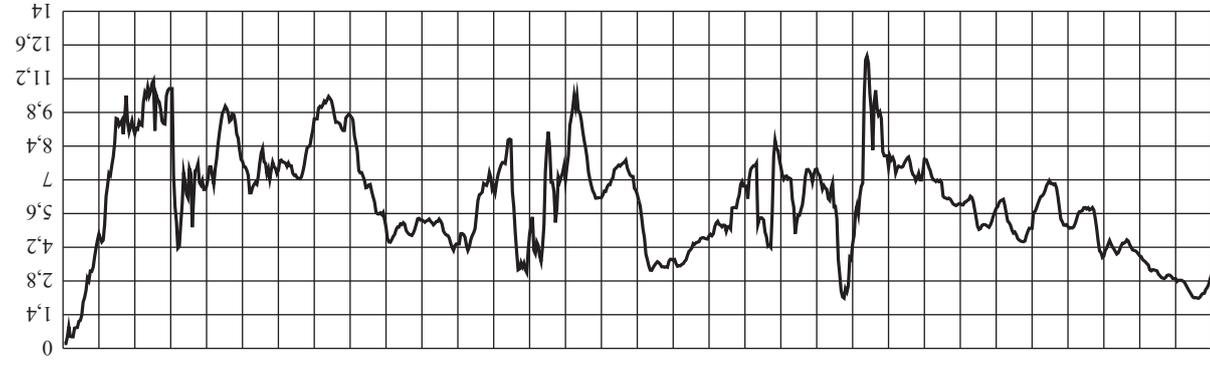
Fs [kPa]



U2 [kPa]



Rf [%]



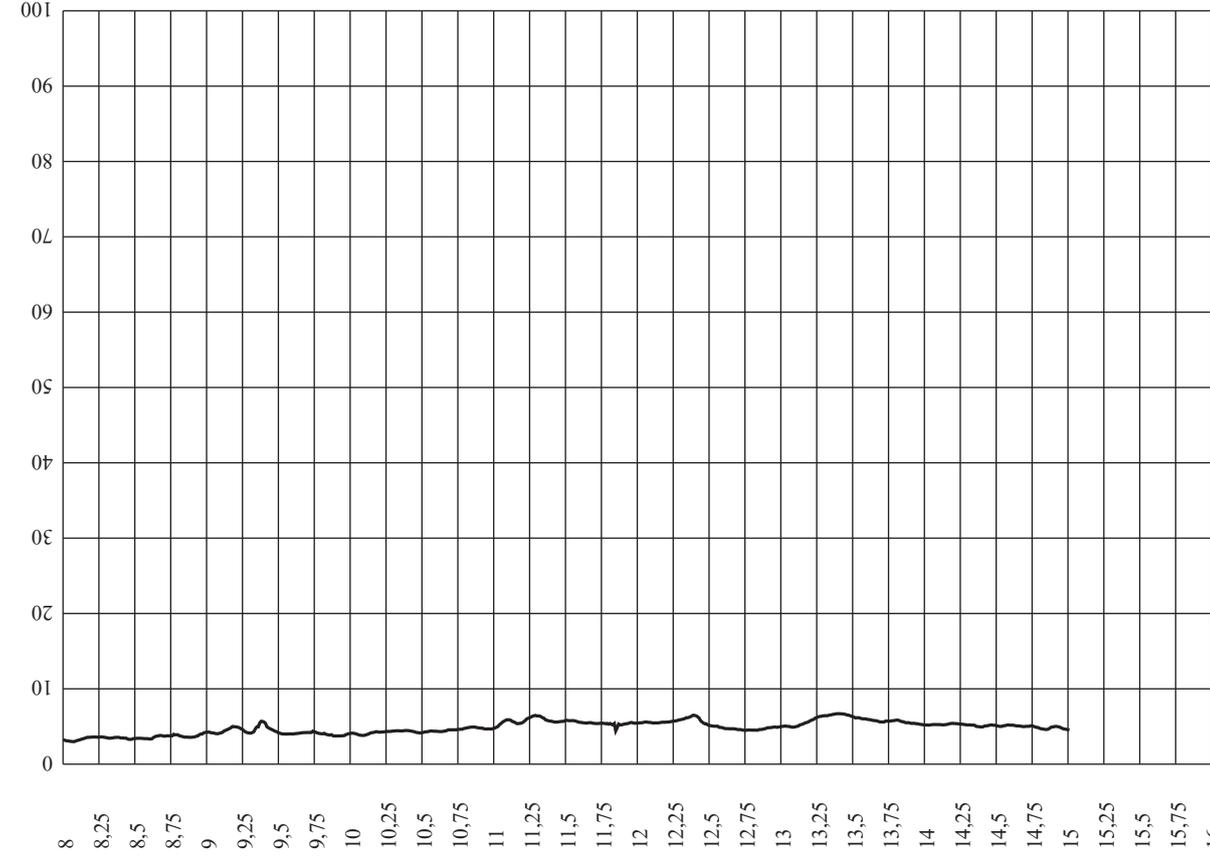
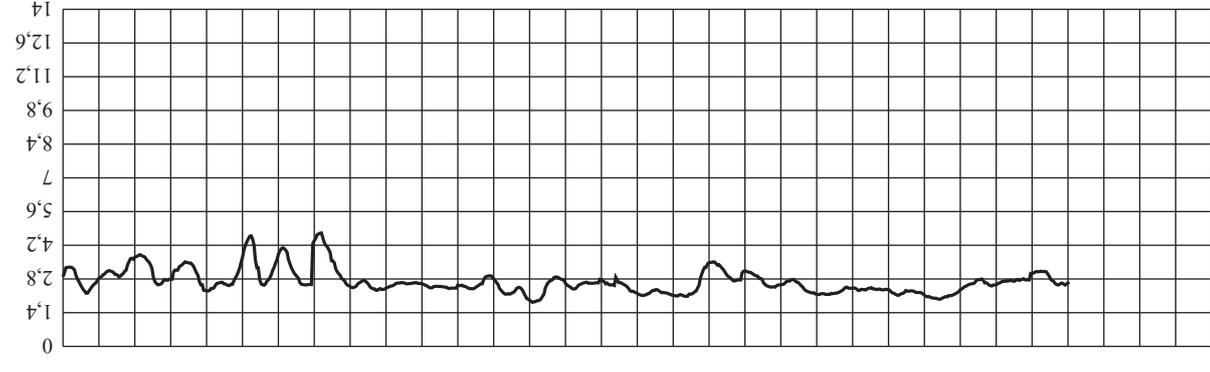
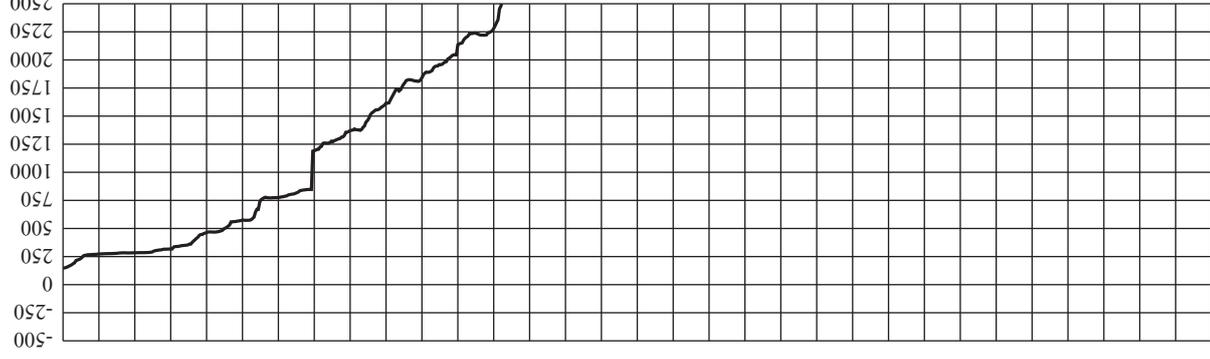
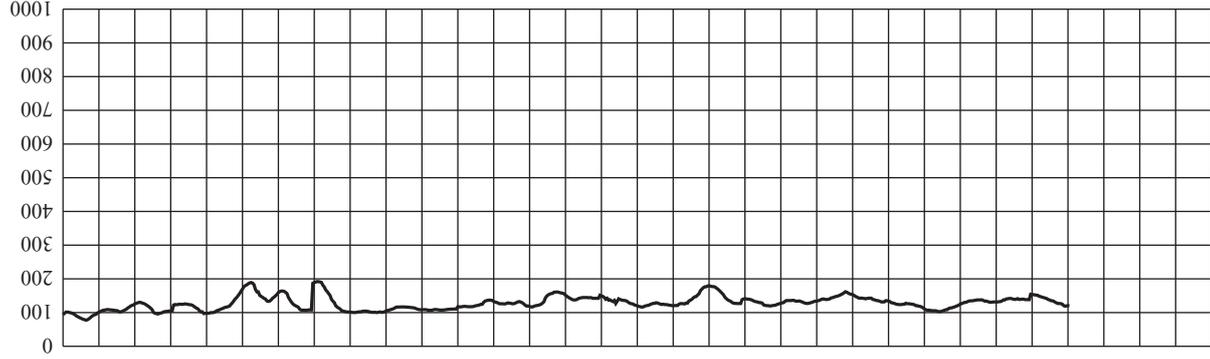


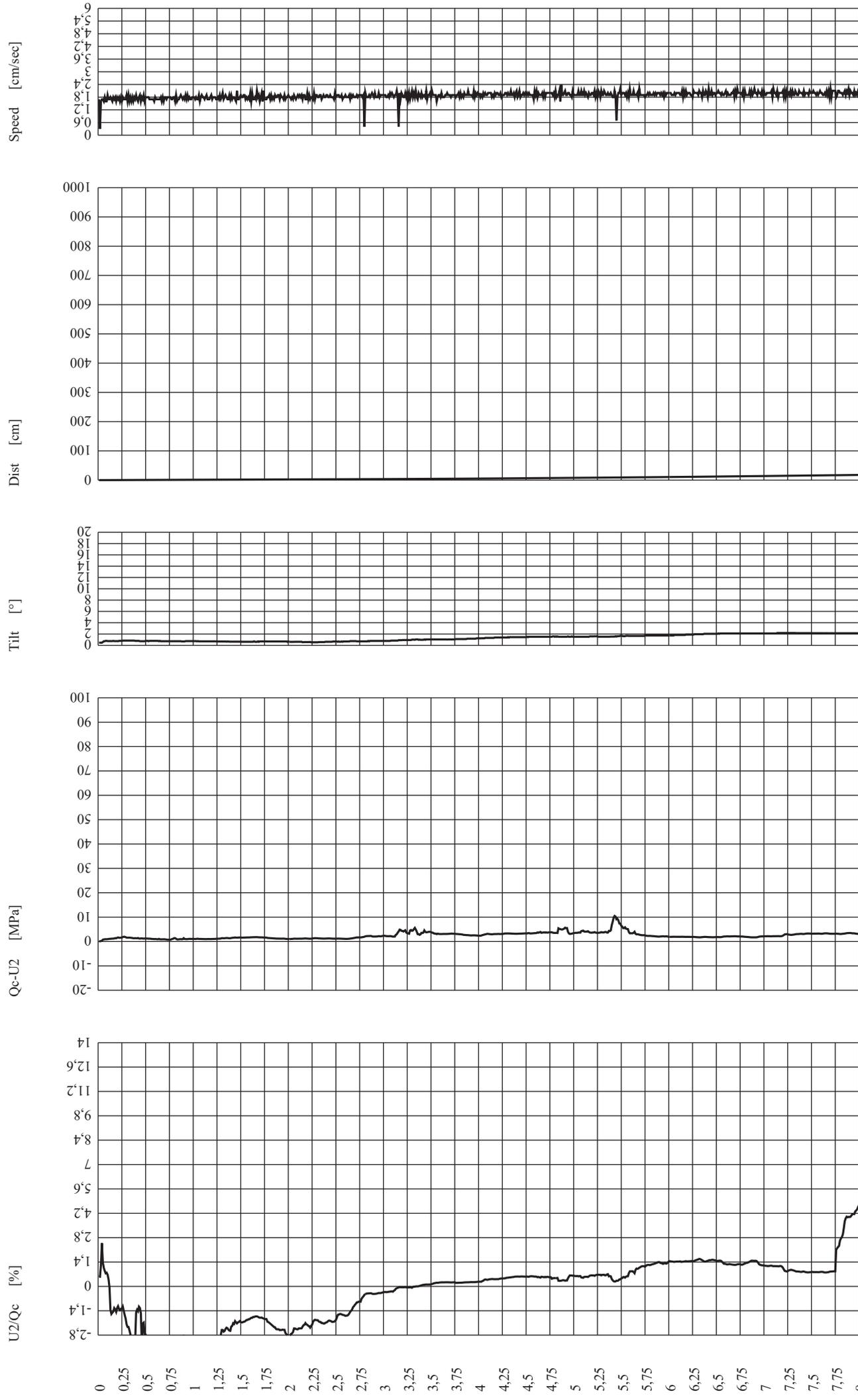
Qc [MPa]

Fs [kPa]

U2 [kPa]

Rf [%]







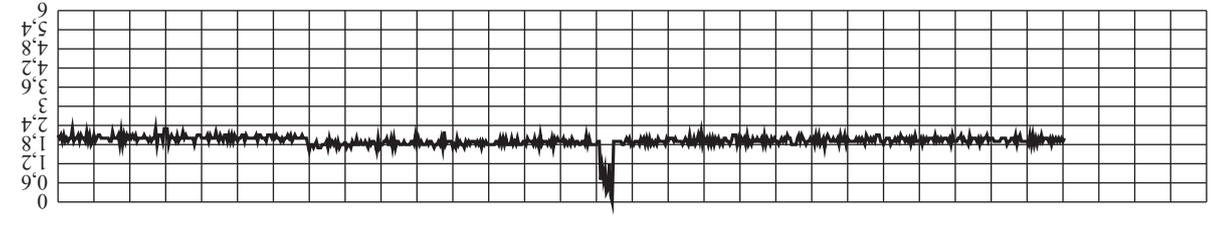
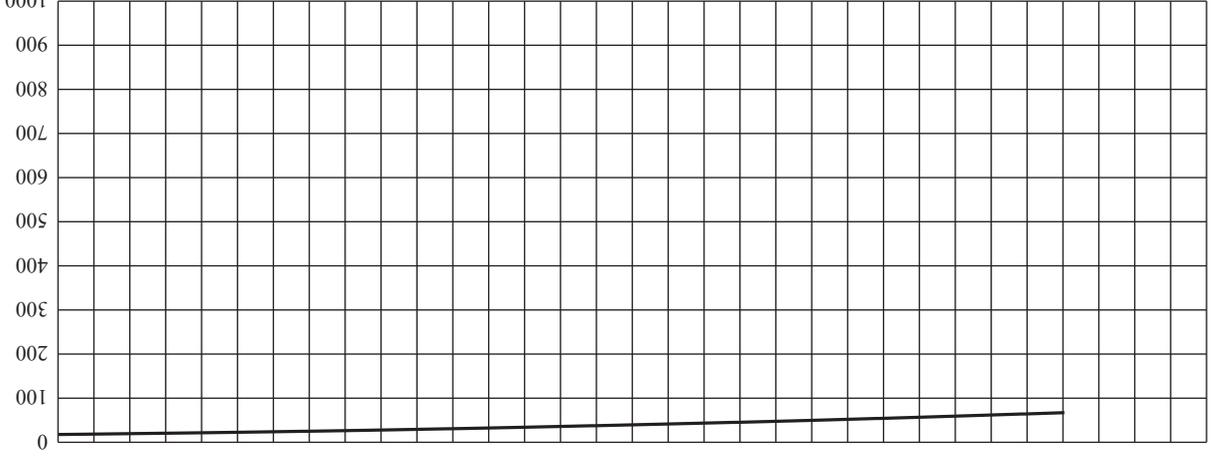
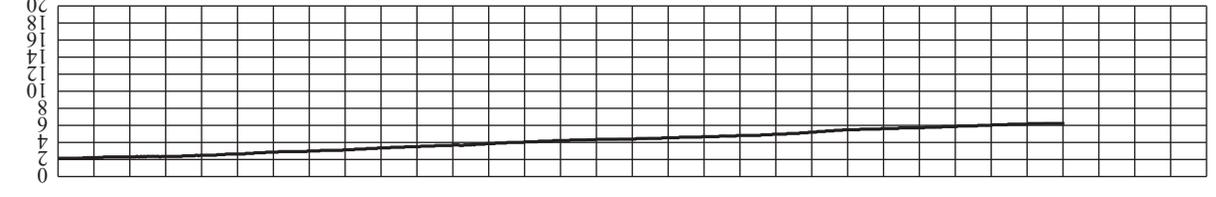
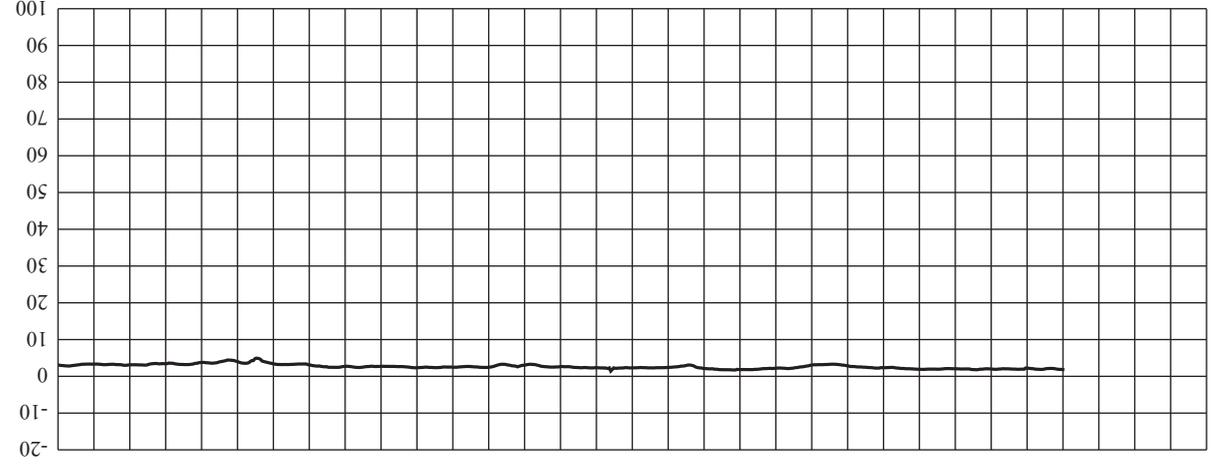
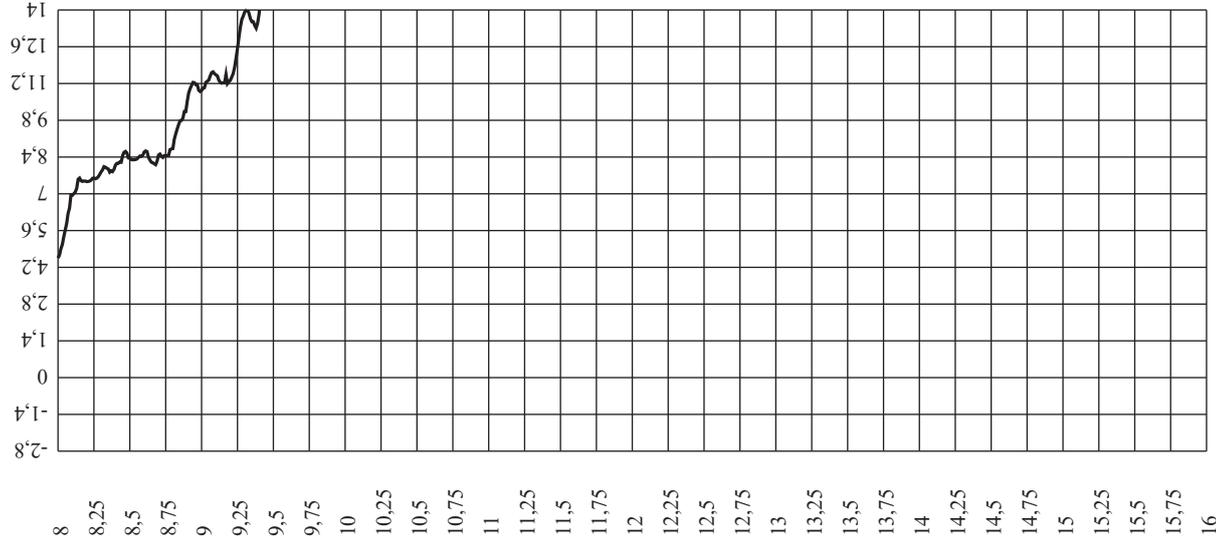
U2/Qc [%]

Qc-U2 [MPa]

Tilt [°]

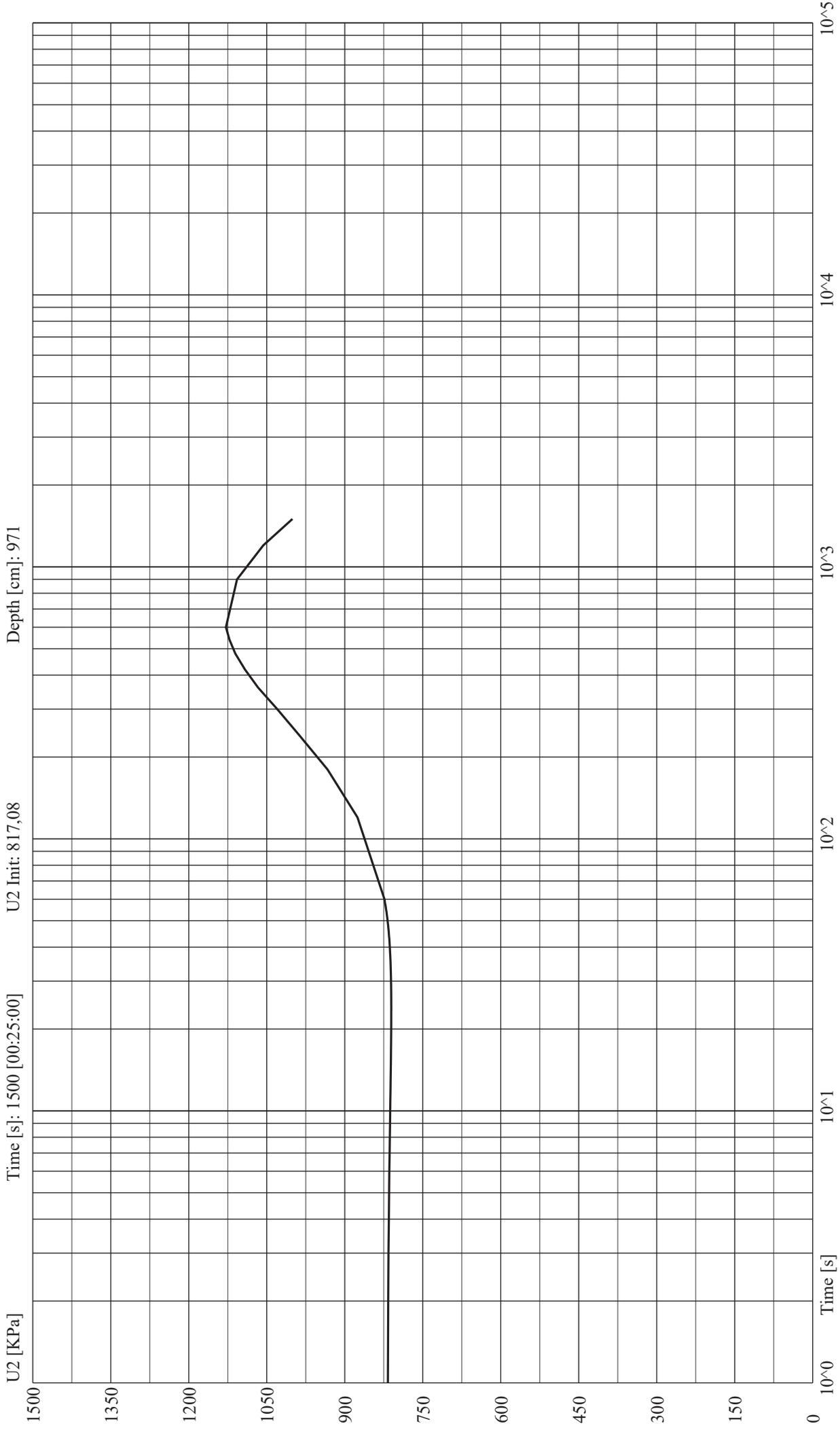
Dist [cm]

Speed [cm/sec]





| Time [s] | Time [hh:mm:ss] | U2 [KPa] | Time [s] | Time [hh:mm:ss] | U2 [KPa] |
|----------|-----------------|----------|----------|-----------------|----------|
| 1 | 00:00:01 | 817,08 | 41 | 00:00:41 | 813,71 |
| 2 | 00:00:02 | 816,44 | 42 | 00:00:42 | 813,98 |
| 3 | 00:00:03 | 815,9 | 43 | 00:00:43 | 814,35 |
| 4 | 00:00:04 | 815,17 | 44 | 00:00:44 | 814,89 |
| 5 | 00:00:05 | 814,71 | 45 | 00:00:45 | 815,26 |
| 6 | 00:00:06 | 814,35 | 46 | 00:00:46 | 815,62 |
| 7 | 00:00:07 | 813,71 | 47 | 00:00:47 | 816,17 |
| 8 | 00:00:08 | 813,34 | 48 | 00:00:48 | 816,53 |
| 9 | 00:00:09 | 812,89 | 49 | 00:00:49 | 817,17 |
| 10 | 00:00:10 | 812,61 | 50 | 00:00:50 | 817,63 |
| 11 | 00:00:11 | 812,34 | 51 | 00:00:51 | 818,08 |
| 12 | 00:00:12 | 811,98 | 52 | 00:00:52 | 818,72 |
| 13 | 00:00:13 | 811,79 | 53 | 00:00:53 | 819,27 |
| 14 | 00:00:14 | 811,52 | 54 | 00:00:54 | 819,72 |
| 15 | 00:00:15 | 811,34 | 55 | 00:00:55 | 820,54 |
| 16 | 00:00:16 | 811,16 | 56 | 00:00:56 | 821,09 |
| 17 | 00:00:17 | 811,06 | 57 | 00:00:57 | 821,64 |
| 18 | 00:00:18 | 810,88 | 58 | 00:00:58 | 822,55 |
| 19 | 00:00:19 | 810,79 | 59 | 00:00:59 | 823,1 |
| 20 | 00:00:20 | 810,7 | 60 | 00:01:00 | 823,64 |
| 21 | 00:00:21 | 810,61 | 120 | 00:02:00 | 875,59 |
| 22 | 00:00:22 | 810,61 | 180 | 00:03:00 | 933,19 |
| 23 | 00:00:23 | 810,61 | 240 | 00:04:00 | 987,06 |
| 24 | 00:00:24 | 810,52 | 300 | 00:05:00 | 1029,89 |
| 25 | 00:00:25 | 810,61 | 360 | 00:06:00 | 1066,72 |
| 26 | 00:00:26 | 810,61 | 420 | 00:07:00 | 1092,14 |
| 27 | 00:00:27 | 810,7 | 480 | 00:08:00 | 1110,55 |
| 28 | 00:00:28 | 810,79 | 540 | 00:09:00 | 1121,76 |
| 29 | 00:00:29 | 810,88 | 600 | 00:10:00 | 1128,6 |
| 30 | 00:00:30 | 811,06 | 900 | 00:15:00 | 1107,18 |
| 31 | 00:00:31 | 811,16 | 1200 | 00:20:00 | 1056,69 |
| 32 | 00:00:32 | 811,34 | 1500 | 00:25:00 | 1000,64 |
| 33 | 00:00:33 | 811,52 | | | |
| 34 | 00:00:34 | 811,7 | | | |
| 35 | 00:00:35 | 811,88 | | | |
| 36 | 00:00:36 | 812,16 | | | |
| 37 | 00:00:37 | 812,43 | | | |
| 38 | 00:00:38 | 812,8 | | | |
| 39 | 00:00:39 | 813,07 | | | |
| 40 | 00:00:40 | 813,34 | | | |



| | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
|  | PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small> | COMMESSA NR/19388 | UNITA 00 |
| | LOCALITA' REGIONE SICILIA | LSC-240 | |
| | PROGETTO Allacciamento A2A Energiefuture di S. Filippo del Mela (ME) DN 500 (20") – DP 75 bar | | Rev. 0 |

ANNESSO 2- RISULTATO VERIFICHE DI STABILITA'

Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a γ_R .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

| | |
|-------------------------------------|--|
| l | lunghezza della base della striscia |
| α | angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale |
| b | larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$ |
| ϕ | angolo di attrito lungo la base della striscia |
| c | coesione lungo la base della striscia |
| γ | peso di volume del terreno |
| u | pressione neutra |
| W | peso della striscia |
| N | sforzo normale alla base della striscia |
| T | sforzo di taglio alla base della striscia |
| E_s, E_d | forze normali di interstriscia a sinistra e a destra |
| X_s, X_d | forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra |
| E_a, E_b | forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio |
| ΔX | variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$ |
| ΔE | variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$ |

Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum [c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i]}{\sum_i [W_i \tan \alpha_i]}$$

dove il termine **N_i** è espresso da

$$N_i = [W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b_i** e **α_i** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i_{esima}** rispetto all'orizzontale, **W_i** è il peso della striscia **i_{esima}**, **c_i** e **ϕ_i** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u_i** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - \Delta X_i - u_{li}) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia, E_a ed E_b rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata, ΔX_i è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per F da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

Metodo di Bell

Bell suppone nota l'andamento della pressione normale lungo la superficie di rottura ed assume per la σ_i la seguente espressione

$$\sigma_i = C_1(1-K_y)W_i \cos \alpha_i / l_i + C_2 f(x,y)$$

La funzione $f(x,y)$ è espressa in funzione delle coordinate della striscia

$$f(x,y) = \sin 2\pi \frac{x_n - x_i}{x_n - x_0}$$

Per pareggiare il numero delle equazioni con il numero delle incognite introduce l'ulteriore incognita C_3 come moltiplicatore della coesione. Tale incognita dovrà essere in soluzione pari all'unità. Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bell** si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni non lineari, nelle incognite C_1 , C_2 e C_3 , ottenuto scrivendo l'equilibrio dell'intera massa alla traslazione orizzontale, verticale ed alla rotazione:

$$\begin{aligned} M_{11} C_1 + M_{12} C_2 + M_{13} C_3 &= V_1 \\ M_{21} C_1 + M_{22} C_2 + M_{23} C_3 &= V_2 \\ M_{31} C_1 + M_{32} C_2 + M_{33} C_3 &= V_3 \end{aligned}$$

dove i coefficienti del sistema si ricavano dalle equazioni di equilibrio e valgono:

$$M_{11} = (1 - K_y) [\sum_i W_i \cos^2 \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i - F \sum_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i]$$

$$M_{12} = \sum_i f_i b_i \operatorname{tg} \phi_i - F \sum_i f_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i$$

$$M_{13} = \sum_i c_i b_i$$

$$M_{21} = (1 - K_y) [\sum_i W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i + F \sum_i W_i \cos^2 \alpha_i]$$

$$M_{22} = \sum_i f_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i + F \sum_i f_i b_i$$

$$M_{23} = \sum_i c_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i$$

$$M_{31} = (1 - K_y) [\sum_i (W_i \cos^2 \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i) y_{ci} + \sum_i (W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i) x_{ci}] + F [\sum_i (W_i \cos^2 \alpha_i) x_{ci} - \sum_i (W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i) y_{ci}]$$

$$M_{32} = \sum_i (f_i b_i \operatorname{tg} \phi_i) y_{ci} + \sum_i (f_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i) x_{ci} - F [\sum_i (f_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i) y_{ci} + \sum_i (f_i b_i) x_{ci}]$$

$$M_{33} = \sum_i (c_i b_i) y_{ci} + \sum_i (c_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i) x_{ci}$$

$$V_1 = \sum_i u_i b_i \operatorname{tg} \phi_i + F (K_x \sum_i W_i - X)$$

$$V_2 = \sum_i u_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i + F [(1 - K_y) \sum_i W_i + Z]$$

$$V_3 = \sum_i (u_i b_i \operatorname{tg} \phi_i) y_{ci} + \sum_i (u_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i) x_{ci} + F [K_x \sum_i W_i y_{cgi} + (1 - K_y) \sum_i W_i x_{cgi} - X y_x - Z x_y]$$

La ricerca del fattore di sicurezza avviene operando sul coefficiente C_3 . Si comincia da due valori di F che individuano un intervallo all'interno del quale si può ritenere sia compreso il coefficiente di sicurezza soluzione del problema. Risolvendo il sistema si ricavano i due corrispondenti valori di C_3 e quindi si reitera prendendo come nuovo valore quello derivante dall'interpolazione:

$$F = F_f + \frac{1 - C_{3f}}{C_{3f} - C_{3i}} (F_f - F_i)$$

dove gli indici i ed f stanno rispettivamente per iniziale e finale. L'iterazione si può fermare quando la differenza tra l'ultimo F ricavato ed il penultimo è abbastanza piccola, oppure quando la differenza di C_3 dall'unità può essere ritenuta trascurabile.

Metodo di Morgenstern e Price

Nel metodo **Morgenstern e Price** le forze normali e tangenziali di interstriscia sono legate fra di loro dalla relazione

$$X = \lambda f(x) E$$

dove $f(x)$ è una funzione di forma definita in modo che $|f(x)| \leq 1$ e λ è un parametro scalare che si ricava dal processo di soluzione.

Il coefficiente si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni differenziali:

$$\frac{dE}{dx} (Kx + L) + KE = Nx + P$$

$$X = \frac{dE}{dx} y - \frac{d}{dx} (E y_t)$$

le cui condizioni al contorno sono:

$$E(x) = E_a \quad \text{quando } x = x_0$$

$$E(x) = E_b \quad \text{quando } x = x_n$$

$$M = E(y - y_t) = \int_{x_0}^{x_n} (X - E \, dy / dx) dx = 0$$

I termini del sistema sono dati da:

$$K = \lambda k \left(\frac{\operatorname{tg} \phi}{F} + A \right)$$

$$L = \lambda m \left(\frac{\operatorname{tg} \phi}{F} + A \right) + A \frac{\operatorname{tg} \phi}{F} - 1$$

$$N = p \left[A + \frac{\operatorname{tg} \phi}{F} - r_u (1 + A^2) \frac{\operatorname{tg} \phi}{F} \right]$$

$$P = q \left[A + \frac{\operatorname{tg} \phi}{F} - r_u (1 + A^2) \frac{\operatorname{tg} \phi}{F} \right] + \frac{\operatorname{tg} \phi}{F} [1 + A^2] \frac{c}{F}$$

nelle quali **k** ed **m** sono i due parametri assegnati striscia per striscia per definire il rapporto tra la risultante delle forze tangenziali, **X**, all'interfaccia e quella delle pressioni normali, **E**, mentre la variabile λ è introdotta per pareggiare il numero delle equazioni e quello delle incognite oltre che utile per tarare la funzione lineare tra le forze di interstriscia **X** ed **E**.

Nella formulazione di **Morgenstern-Price**, il peso e la superficie di scorrimento, sono espresse come funzioni lineari della x .

Inoltre il termine r_u è il coefficiente adimensionale che tiene conto della pressione neutra ed è definito dalla relazione: $r_u = u_w/W b$.

Lo schema iterativo che permette di determinare il coefficiente di sicurezza è il seguente:

si assegnano due valori ad **F** ed a λ ;

si calcolano **M_i** ed **E_i** dalle equazioni riportate;

si calcolano $\delta\lambda$ e δF ;

si incrementano $\lambda = \lambda + \delta\lambda$ ed $F = F + \delta F$;

si controlla la convergenza nel qual caso si ferma l'iterazione altrimenti si torna al punto **2**.

dove gli incrementi per λ ed **F** sono espressi da:

$$\delta\lambda = \frac{M_n \frac{dE_n}{dF} - E_n \frac{dM_n}{dF}}{\frac{dE_n}{d\lambda} \frac{dM_n}{dF} - \frac{dM_n}{d\lambda} \frac{dE_n}{dF}}$$

$$\delta\lambda = \frac{E_n \frac{dM_n}{dF} - M_n \frac{dE_n}{dF}}{\frac{dE_n}{d\lambda} \frac{dM_n}{dF} - \frac{dM_n}{d\lambda} \frac{dE_n}{dF}}$$

dove **M_n** ed **E_n** sono i valori di **M** ed **E** all'ultima striscia.

Metodo di Spencer

Il metodo di Spencer opera sulle risultanti delle forze di interstriscia **Z**. Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Spencer** viene determinato con procedura iterativa sulle equazioni di equilibrio alla traslazione e alla rotazione globali. Queste equazioni, nel caso di risultante delle forze esterne nulle, sono date da:

$$\begin{aligned}\sum_i [\Delta Z_i \cos \theta_i] &= 0 \\ \sum_i [\Delta Z_i \sin \theta_i] &= 0 \\ \sum_i [R \Delta Z_i \cos (\alpha_i - \theta_i)] &= 0\end{aligned}$$

dove ΔZ_i rappresenta la variazione della forza laterale di interstriscia risultante che ha equazione:

$$\Delta Z_i = \frac{W_i \sin \alpha_i - \frac{c b_i}{F \cos \alpha_i} - (W_i \cos \alpha_i - N_{bi}) \frac{\operatorname{tg} \phi}{F}}{\cos(\alpha_i - \theta_i) \left[\operatorname{tg}(\alpha_i - \theta_i) \frac{\operatorname{tg} \phi}{F} + 1 \right]}$$

L'ipotesi assunta da **Spencer** è che le forze laterali di interstriscia siano tutte tra loro parallele. Cioè si suppone che il loro angolo di inclinazione sia $\theta = \text{cost}$.

Attraverso questa ipotesi le equazioni alla traslazione si riducono ad un'unica equazione dalla forma:

$$\sum_i [\Delta Z_i] = 0$$

Inoltre l'ipotesi di superfici di scorrimento circolari permette di semplificare anche l'equazione di equilibrio alla rotazione nella forma seguente:

$$\sum_i [\Delta Z_i \cos (\alpha_i - \theta_i)] = 0$$

A questo punto la determinazione del coefficiente di sicurezza viene effettuata risolvendo iterativamente e separatamente le due ultime equazioni viste per un assegnato valore di θ ; in questo modo si otterrà una coppia di coefficienti di sicurezza F_f ed F_m di cui il primo soddisfa l'equilibrio alla traslazione, mentre il secondo soddisfa l'equilibrio alla rotazione.

Questi valori non sono generalmente uguali. Si possono costruire per punti le curve $F = F_f(\theta)$ ed $F = F_m(\theta)$ si può ricavare il valore di θ tale che risulti:

$$F = F_f = F_m$$

Riguardo ai valori di F e di θ si può affermare che F_{finale} ha un valore prossimo a quello ricavato nell'equazione di equilibrio alla rotazione ponendo $\theta = 0$; mentre il valore di θ è sempre compreso tra 0 e la massima inclinazione del pendio.

Metodo di Sarma

Il metodo di **Sarma** permette di determinare un determinato valore per un'accelerazione orizzontale uniforme che sarà la causa del cedimento del pendio (accelerazione critica k).

Per determinare un coefficiente di sicurezza ordinario, si opera riducendo i parametri di resistenza del terreno fino a quando si richiede un fattore di accelerazione orizzontale pari a zero.

Le equazioni da prendere in considerazione sono: l'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale nonché l'equazione di equilibrio dei momenti. Di seguito vengono riportate le equazioni.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned}N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= k W_i + \Delta E_i\end{aligned}$$

Dalla prima di questa relazione insieme al criterio di Mohr-Coulomb, che mette in relazione le forze **N** e **T**:

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \phi_i + c_i b_i / \cos \alpha_i$$

si ottiene l'espressione per la sostituzione di entrambe le forze **N** e **T** nella seconda equazione cioè:

$$N_i = \frac{(W_i - \Delta X_i - c_i b_i \tan \alpha_i + U_i \tan \phi_i \sin \alpha_i) \cos \phi_i}{\cos \alpha_i \cos \phi_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

La seconda equazione diventa:

$$T_i = \frac{(W_i - \Delta X_i - U_i \cos \alpha_i) \sin \phi_i - c_i b_i \cos \alpha_i}{\cos \alpha_i \cos \phi_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

la quale fornisce un'espressione per la massima forza sismica orizzontale che può essere sopportata **KW_i** che è la seguente:

$$kW_i = D_i - \Delta E_i - \Delta X_i \tan (\phi_i - \alpha_i)$$

nella quale **D_i** ha l'espressione:

$$D_i = W_i \tan (\phi_i - \alpha_i) + \frac{c_i b_i \cos \phi_i / \cos \alpha_i + U_i \sin \phi_i}{\cos \phi_i \cos \alpha_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

Tutte le grandezze contrassegnate con il pedice **i** sono da intendersi riferite alla striscia **i-esima**. A questo punto i valori ottenuti per tutte le strisce possono essere sommati per ottenere la forza sismica orizzontale totale **kΣW_i**. Fatto ciò si trova che la somma **ΣΔE** deve essere nulla. Anche **ΣΔX** deve esserlo, ma quando i termini individuali vengono moltiplicati per un diverso coefficiente si ottiene un risultato diverso da zero. Quindi:

$$\Sigma \Delta X_i \tan (\phi_i - \alpha_i) + \Sigma kW_i = \Sigma D_i \quad (\mathbf{A})$$

L'espressione dell'equilibrio del momento rispetto al centro di gravità della massa che scivola è data da:

$$\Sigma (T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i)(y_i - y_g) + \Sigma (N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i)(x_i - x_g) = 0$$

Nell'espressione **x_i** ed **y_i** sono le coordinate del punto medio della base della striscia.

Con la scelta del punto al quale è riferita l'espressione dei momenti, si annullano le somme di **W** e **KW**. Inoltre le forze di interstriscia non danno momento.

La condizione del momento, tenendo conto dell'espressione **(A)** e della relazione di Mohr-Coulomb, può essere riscritta come:

$$\Sigma \Delta X_i [(y_i - y_g) \tan (\phi_i - \alpha_i) + (x_i - x_g)] = \Sigma W_i (x_i - x_g) + \Sigma D_i (y_i - y_g)$$

Sarma definisce ogni **ΔX** nella forma:

$$\Delta X = \lambda \psi_i$$

in cui **ψ_i** è noto e **Σψ_i = 0**.

A questo punto le due equazioni che permettono la soluzione del problema sono:

$$\lambda \sum \psi_i \tan (\phi_i - \alpha_i) + k \sum W_i = \sum D_i$$

$$\lambda \sum \psi_i [(y_i - y_g) \tan (\phi_i - \alpha_i) + (x_i - x_g)] = \sum W_i (x_i - x_g) + \sum D_i (y_i - y_g)$$

Da queste due equazioni si ricavano:

$$\lambda = \frac{\sum W_i (x_i - x_g) + \sum D_{bi} (y_i - y_g)}{\sum \psi_i [(y_i - y_g) \tan (\phi_i - \alpha_i) + (x_i - x_g)]}$$

$$k = \frac{(\sum D_i - \lambda \sum \psi_{bi} \tan (\phi_i - \alpha_i))}{\sum W_i}$$

La funzione ψ viene definita da Sarma in funzione delle caratteristiche del terreno e dello stato tensionale locale lungo le interfacce delle strisce.

Metodo di Maksimovic

Nel metodo **Maksimovic** le forze normali e tangenziali di interstriscia sono legate fra di loro dalla relazione

$$X = \lambda f(x) E$$

dove $f(x)$ è una funzione di forma definita in modo che $|f(x)| \leq 1$ e λ è un parametro scalare che si ricava dal processo di soluzione.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Maksimovic** si ottiene risolvendo il seguente sistema di equazioni non lineari nelle incognite λ ed F :

$$E_d(1+a\lambda_d) = E_s(1+a\lambda_s) - (1/F) u b(1-a \operatorname{tg}\alpha) + (1/F) c b(1-a \operatorname{tg}\alpha) + H + aV$$

$$R_d = R_s - (b/2) \operatorname{tg}\alpha (E_d + E_s) - (b/2) \lambda (f_d E_d + f_s E_s) + H h_h$$

le cui condizioni al contorno sono:

$$E(0) = E_a \quad \text{quando } x = x_0$$

$$E(n) = E_b \quad \text{quando } x = x_n$$

In queste espressioni:

c ed u coesione e pressione neutra alla base della striscia

H ed h_h risultante delle forze orizzontali e relativo punto di applicazione

V risultante delle forze verticali

E_s, E_d forze normali di interstriscia a sinistra ed a destra

f_s, f_d valori della funzione $f(x)$ a sinistra ed a destra

mentre il parametro a è definito come

$$a = (\operatorname{tg}\phi / F - \operatorname{tg}\alpha) / (1 + \operatorname{tg}\phi / F \operatorname{tg}\alpha)$$

Il processo di soluzione consiste nel risolvere il sistema di equazioni a partire da una coppia di valori F_0, λ_0 ed iterando mediante uno schema alla Newton-Raphson fino ad ottenere i valori di convergenza

$$\delta\lambda = \frac{M_n \frac{dE_n}{dF} - E_n \frac{dM_n}{dF}}{\frac{dE_n}{d\lambda} \frac{dM_n}{dF} - \frac{dM_n}{d\lambda} \frac{dE_n}{dF}}$$

$$dF = \frac{E_n \frac{dM_n}{dF} - M_n \frac{dE_n}{dF}}{\frac{dE_n}{d\lambda} \frac{dM_n}{dF} - \frac{dM_n}{d\lambda} \frac{dE_n}{dF}}$$

Dati**Descrizione terreno*****Simbologia adottata***

| | |
|--------------------|---|
| <i>Nr.</i> | Indice del terreno |
| <i>Descrizione</i> | Descrizione terreno |
| γ | Peso di volume del terreno espresso in kN/mc |
| γ_w | Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc |
| ϕ | Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi |
| c | Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa |
| ϕ_u | Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi |
| c_u | Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa |

| n° | Descrizione | γ [kN/mc] | γ_{sat} [kN/mc] | ϕ' [°] | c' [kPa] |
|----|------------------|---------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| 1 | Argilla sabbiosa | 19,00 | 20,00 | 19,00 | 10,0 |
| 2 | Argilla limosa | 19,00 | 20,00 | 24,00 | 0,0 |
| 3 | Argilla marnosa | 19,00 | 20,00 | 25,00 | 18,0 |

Profilo del piano campagna***Simbologia e convenzioni di segno adottate***

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

| | |
|------------|--|
| <i>Nr.</i> | Identificativo del punto |
| X | Ascissa del punto del profilo espressa in m |
| Y | Ordinata del punto del profilo espressa in m |

| n° | X [m] | Y [m] |
|----|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 15,00 |
| 2 | 1,18 | 15,07 |
| 3 | 5,31 | 15,09 |
| 4 | 7,08 | 15,15 |
| 5 | 9,02 | 15,32 |
| 6 | 13,24 | 15,86 |
| 7 | 16,62 | 16,29 |
| 8 | 22,61 | 17,09 |
| 9 | 24,97 | 17,51 |
| 10 | 29,95 | 18,51 |
| 11 | 33,50 | 19,18 |
| 12 | 35,35 | 19,50 |
| 13 | 38,06 | 19,87 |
| 14 | 43,37 | 20,46 |
| 15 | 45,57 | 20,76 |
| 16 | 48,86 | 21,31 |
| 17 | 52,65 | 21,82 |
| 18 | 54,85 | 21,98 |
| 19 | 61,05 | 21,98 |
| 20 | 63,12 | 22,26 |
| 21 | 65,31 | 22,62 |
| 22 | 69,20 | 23,08 |
| 23 | 71,47 | 23,48 |
| 24 | 79,15 | 25,23 |
| 25 | 81,60 | 25,59 |
| 26 | 85,06 | 25,99 |
| 27 | 87,09 | 26,12 |
| 28 | 91,14 | 26,17 |
| 29 | 93,25 | 26,41 |

| n° | X [m] | Y [m] |
|----|----------|----------|
| 30 | 97,30 | 27,52 |
| 31 | 104,98 | 29,98 |
| 32 | 107,34 | 30,49 |
| 33 | 109,28 | 30,73 |
| 34 | 113,16 | 30,77 |
| 35 | 115,19 | 30,84 |
| 36 | 121,27 | 32,04 |
| 37 | 137,13 | 35,58 |
| 38 | 143,38 | 37,27 |
| 39 | 149,37 | 38,97 |
| 40 | 151,22 | 39,33 |
| 41 | 153,76 | 39,53 |
| 42 | 155,36 | 39,68 |
| 43 | 157,64 | 40,13 |
| 44 | 161,01 | 41,01 |
| 45 | 164,14 | 41,82 |
| 46 | 166,08 | 42,27 |
| 47 | 167,26 | 42,51 |
| 48 | 167,93 | 42,58 |
| 49 | 169,61 | 42,73 |

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Argilla marnosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

| n° | X [m] | Y [m] |
|----|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 3,29 |
| 2 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 169,61 | 0,00 |
| 4 | 169,61 | 33,55 |
| 5 | 116,21 | 19,32 |
| 6 | 73,18 | 11,99 |
| 7 | 41,71 | 8,19 |
| 8 | 8,32 | 3,80 |

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Argilla sabbiosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

| n° | X [m] | Y [m] |
|----|----------|----------|
| 1 | 169,61 | 39,46 |
| 2 | 169,61 | 42,73 |
| 3 | 167,93 | 42,58 |
| 4 | 167,26 | 42,51 |
| 5 | 166,08 | 42,27 |
| 6 | 164,14 | 41,82 |
| 7 | 161,01 | 41,01 |
| 8 | 157,64 | 40,13 |
| 9 | 155,36 | 39,68 |
| 10 | 153,76 | 39,53 |
| 11 | 151,22 | 39,33 |
| 12 | 149,37 | 38,97 |
| 13 | 143,38 | 37,27 |
| 14 | 137,13 | 35,58 |
| 15 | 121,27 | 32,04 |

| n° | X [m] | Y [m] |
|----|----------|----------|
| 16 | 115,19 | 30,84 |
| 17 | 113,16 | 30,77 |
| 18 | 109,28 | 30,73 |
| 19 | 107,34 | 30,49 |
| 20 | 104,98 | 29,98 |
| 21 | 97,30 | 27,52 |
| 22 | 93,25 | 26,41 |
| 23 | 91,14 | 26,17 |
| 24 | 87,09 | 26,12 |
| 25 | 85,06 | 25,99 |
| 26 | 81,60 | 25,59 |
| 27 | 79,15 | 25,23 |
| 28 | 71,47 | 23,48 |
| 29 | 69,20 | 23,08 |
| 30 | 65,31 | 22,62 |
| 31 | 63,12 | 22,26 |
| 32 | 61,05 | 21,98 |
| 33 | 54,85 | 21,98 |
| 34 | 52,65 | 21,82 |
| 35 | 48,86 | 21,31 |
| 36 | 45,57 | 20,76 |
| 37 | 43,37 | 20,46 |
| 38 | 38,06 | 19,87 |
| 39 | 35,35 | 19,50 |
| 40 | 33,50 | 19,18 |
| 41 | 29,95 | 18,51 |
| 42 | 24,97 | 17,51 |
| 43 | 22,61 | 17,09 |
| 44 | 16,62 | 16,29 |
| 45 | 13,24 | 15,86 |
| 46 | 9,02 | 15,32 |
| 47 | 7,08 | 15,15 |
| 48 | 5,31 | 15,09 |
| 49 | 1,18 | 15,07 |
| 50 | 0,00 | 15,00 |
| 51 | 0,00 | 11,32 |
| 52 | 7,92 | 11,55 |
| 53 | 25,64 | 13,64 |
| 54 | 40,46 | 16,15 |
| 55 | 55,98 | 17,68 |
| 56 | 93,27 | 22,26 |
| 57 | 133,28 | 30,18 |

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Argilla limosa)

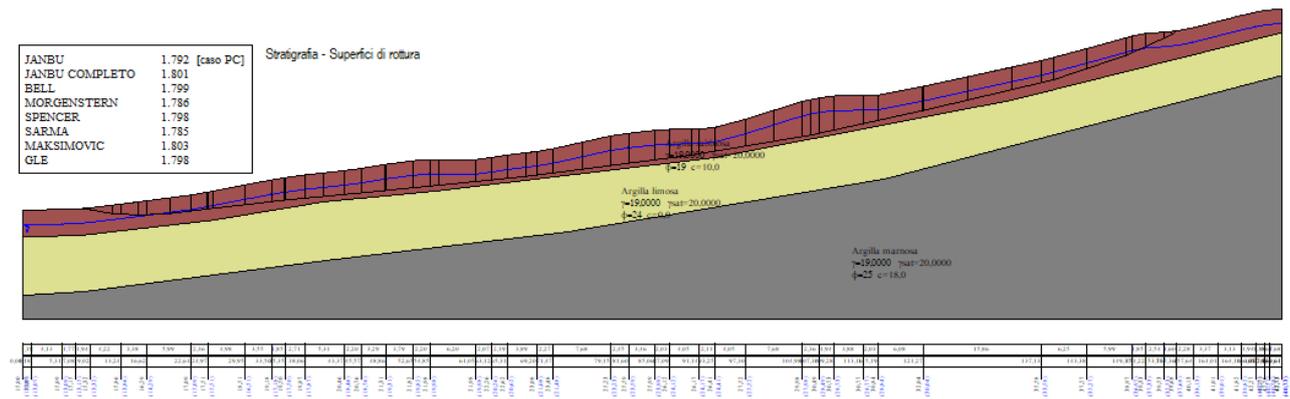
Coordinate dei vertici dello strato n° 3

| n° | X [m] | Y [m] |
|----|----------|----------|
| 1 | 169,61 | 33,55 |
| 2 | 169,61 | 39,46 |
| 3 | 133,28 | 30,18 |
| 4 | 93,27 | 22,26 |
| 5 | 55,98 | 17,68 |
| 6 | 40,46 | 16,15 |
| 7 | 25,64 | 13,64 |
| 8 | 7,92 | 11,55 |
| 9 | 0,00 | 11,32 |
| 10 | 0,00 | 3,29 |
| 11 | 8,32 | 3,80 |
| 12 | 41,71 | 8,19 |
| 13 | 73,18 | 11,99 |
| 14 | 116,21 | 19,32 |

Descrizione falda

Livello di falda

| n° | X [m] | Y [m] |
|----|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 13,00 |
| 2 | 1,18 | 13,07 |
| 3 | 5,31 | 13,09 |
| 4 | 7,08 | 13,15 |
| 5 | 9,02 | 13,32 |
| 6 | 13,24 | 13,86 |
| 7 | 16,62 | 14,29 |
| 8 | 22,61 | 15,09 |
| 9 | 24,97 | 15,51 |
| 10 | 29,95 | 16,51 |
| 11 | 33,50 | 17,18 |
| 12 | 35,35 | 17,50 |
| 13 | 38,06 | 17,87 |
| 14 | 43,37 | 18,46 |
| 15 | 45,57 | 18,76 |
| 16 | 48,86 | 19,31 |
| 17 | 52,65 | 19,82 |
| 18 | 54,85 | 19,98 |
| 19 | 61,05 | 19,98 |
| 20 | 63,12 | 20,26 |
| 21 | 65,31 | 20,62 |
| 22 | 69,20 | 21,08 |
| 23 | 71,47 | 21,48 |
| 24 | 79,15 | 23,23 |
| 25 | 81,60 | 23,59 |
| 26 | 85,06 | 23,99 |
| 27 | 87,09 | 24,12 |
| 28 | 91,14 | 24,17 |
| 29 | 93,25 | 24,41 |
| 30 | 97,30 | 25,52 |
| 31 | 104,98 | 27,98 |
| 32 | 107,34 | 28,49 |
| 33 | 109,28 | 28,73 |
| 34 | 113,16 | 28,77 |
| 35 | 115,19 | 28,84 |
| 36 | 121,27 | 30,04 |
| 37 | 137,13 | 33,58 |
| 38 | 143,38 | 35,27 |
| 39 | 149,37 | 36,97 |
| 40 | 151,22 | 37,33 |
| 41 | 153,76 | 37,53 |
| 42 | 155,36 | 37,68 |
| 43 | 157,64 | 38,13 |
| 44 | 161,01 | 39,01 |
| 45 | 164,14 | 39,82 |
| 46 | 166,08 | 40,27 |
| 47 | 167,26 | 40,51 |
| 48 | 167,93 | 40,58 |
| 49 | 169,61 | 40,73 |



Dati zona sismica

Identificazione del sito

| | |
|--------------------------------------|---|
| Latitudine | 38.192715 |
| Longitudine | 15.285508 |
| Comune | San Filippo Del Mela |
| Provincia | Messina |
| Regione | Sicilia |
| Punti di interpolazione del reticolo | 44983 - 44984 - 44762 - 44761 |
| Tipo di opera | |
| Tipo di costruzione ordinari | Costruzioni con livelli di prestazioni |
| Vita nominale | 50 anni |
| Classe d'uso pericolose | IV - Opere strategiche ed industrie molto |
| Vita di riferimento | 100 anni |

| | Simbolo | U.M. | SLV | SLD |
|---|-----------|---------------------|-------|-------|
| Accelerazione al suolo | a_g | [m/s ²] | 1.981 | 0.878 |
| Accelerazione al suolo | a_g/g | [%] | 0.202 | 0.089 |
| Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale | F0 | | 2.563 | 2.458 |
| Periodo inizio tratto spettro a velocità costante | Tc* | | 0.401 | 0.325 |
| Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico | Ss | C | 1.389 | 1.500 |
| Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica | St | T1 | 1.000 | 1.000 |
| Coefficiente riduzione pendio naturale | β_s | | 0.280 | 0.280 |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale | | | 0.50 | 0.50 |

Pendio naturale

| | Simbolo | SLV | SLD |
|--|----------------------------|------|------|
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$ | 7.86 | 3.76 |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) | $k_v=0.50 * k_h$ | 3.93 | 1.88 |

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | Simbologia | A2 Statico | A2 Sismico |
|------------|-------------|------------------|------------|------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1.00 | 1.00 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0.00 | 0.00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1.30 | 1.00 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | Simbologia | M2 Statico | M2 Sismico |
|---------------------------------|----------------------|------------|------------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1.25 | 1.00 |
| Coesione efficace | $\gamma_{c'}$ | 1.25 | 1.00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | 1.40 | 1.00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_{γ} | 1.00 | 1.00 |

Coefficiente di sicurezza richiesto

| Tipo calcolo | Simbolo | Statico | Sismico |
|-----------------|------------|---------|---------|
| Pendio naturale | γ_R | 1.00 | 1.00 |
| Fronte di scavo | γ_R | 1.10 | 1.20 |

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura generiche

Si considera una superficie di rottura definita per punti

Coordinate superficie di rottura

| n° | X [m] | Y [m] |
|----|----------|----------|
| 1 | 8,07 | 15,24 |
| 2 | 12,01 | 14,55 |
| 3 | 15,48 | 14,35 |
| 4 | 19,85 | 14,55 |
| 5 | 24,74 | 15,16 |
| 6 | 35,23 | 16,39 |
| 7 | 48,77 | 17,71 |
| 8 | 67,71 | 19,64 |
| 9 | 90,11 | 22,60 |
| 10 | 106,10 | 25,34 |
| 11 | 121,16 | 28,70 |
| 12 | 138,88 | 32,98 |
| 13 | 148,66 | 36,34 |
| 14 | 154,76 | 39,19 |
| 15 | 155,35 | 39,68 |

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU
- JANBU COMPLETO
- BELL
- MORGENSTERN
- SPENCER
- SARMA
- MAKSIMOVIC
- GLE

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- | | | |
|---|------|-----|
| - lunghezza di corda inferiore a | 1,00 | m |
| - freccia inferiore a | 0,50 | m |
| - volume inferiore a | 2,00 | mc |
| - pendenza media della superficie inferiore a | 1.00 | [%] |

Risultati analisi

| | |
|---|-------|
| Numero di superfici analizzate | 5 |
| Coefficiente di sicurezza minimo | 1.799 |
| Superficie con coefficiente di sicurezza minimo | 1 |

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

| Metodo | Nr. superfici | FS _{min} | S _{min} | FS _{max} | S _{max} |
|----------------|---------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| JANBU | 5 | 1.792 | 1 | 2.669 | 5 |
| JANBU COMPLETO | 5 | 1.801 | 1 | 2.685 | 5 |
| BELL | 5 | 1.799 | 1 | 2.685 | 5 |
| MORGENSTERN | 5 | 1.786 | 1 | 2.687 | 5 |
| SPENCER | 5 | 1.798 | 1 | 2.684 | 5 |
| SARMA | 5 | 1.785 | 1 | 2.640 | 5 |
| MAKSIMOVIC | 5 | 1.803 | 1 | 2.687 | 5 |
| GLE | 5 | 1.798 | 1 | 2.684 | 5 |

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

| N° | F | C _x [m] | C _y [m] | R [m] | x _v [m] | x _m [m] | V [mc] | FS | Caso | Sisma |
|----|---|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------|--|------|---------------|
| 1 | G | -- | -- | -- | 8,07 | 155,35 | 462,90 | 1,792 (J) 1,801 (C) 1,799 (L) 1,786 (M) 1,798 (P) 1,785 (S) 1,803 (V) 1,798 (G) | [PC] | [SLV] H +V |
| 2 | G | -- | -- | -- | 8,07 | 155,35 | 462,90 | 1,806 (J) 1,816 (C) 1,813 (L) 1,833 (M) 1,813 (P) 1,785 (S) 1,817 (V) 1,813 (G) | [PC] | [SLV] H -V |
| 3 | G | -- | -- | -- | 8,07 | 155,35 | 462,90 | 2,169 (J) | [PC] | [SLD] H |

| N° | F | C _x [m] | C _y [m] | R [m] | x _v [m] | x _m [m] | V [mc] | FS | Caso | Sisma |
|----|---|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------|--|------|---------------|
| | | | | | | | | 2,180 (C) 2,179 (L) 2,191 (M) 2,178 (P) 2,149 (S) 2,182 (V) 2,178 (G) | | -V |
| 4 | G | -- | -- | -- | 8,07 | 155,35 | 462,90 | 2,172 (J) 2,184 (C) 2,182 (L) 2,176 (M) 2,181 (P) 2,149 (S) 2,185 (V) 2,181 (G) | [PC] | [SLD] H +V |
| 5 | G | -- | -- | -- | 8,07 | 155,35 | 462,90 | 2,669 (J) 2,685 (C) 2,685 (L) 2,687 (M) 2,684 (P) 2,640 (S) 2,687 (V) 2,684 (G) | [PC] | -- |

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espresso in kN

Q carico applicato sulla striscia espresso in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto

Numero di strisce

59

Intersezione a valle con il profilo topografico $X_v[m]= 8,07$ $Y_v[m]= 15,24$ Intersezione a monte con il profilo topografico $X_m[m]= 155,35$ $Y_m[m]= 39,68$ **Geometria e caratteristiche strisce**

| N° | X_s [m] | Y_{ss} [m] | Y_{si} [m] | X_d [m] | Y_{ds} [m] | Y_{di} [m] | X_g [m] | Y_g [m] | L [m] | α [°] | ϕ [°] | c [kPa] |
|----|--------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|----------|-----------------|---------------|------------|
| 1 | 8,07 | 15,24 | 15,24 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 8,70 | 15,21 | 0,96 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 2 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 10,84 | 15,15 | 3,04 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 3 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 12,64 | 15,15 | 1,23 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 4 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 14,41 | 15,21 | 2,24 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 5 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 16,05 | 15,30 | 1,14 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 6 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 18,27 | 15,49 | 3,23 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 7 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 21,23 | 15,81 | 2,78 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 8 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 23,68 | 16,15 | 2,15 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 9 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 24,86 | 16,33 | 0,23 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 10 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 25,31 | 16,40 | 0,67 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 11 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 27,85 | 16,81 | 4,34 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 12 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 31,75 | 17,42 | 3,57 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 13 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 34,37 | 17,81 | 1,74 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 14 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 35,29 | 17,94 | 0,12 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 15 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 36,71 | 18,11 | 2,72 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 16 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 39,26 | 18,39 | 2,41 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 17 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 41,92 | 18,67 | 2,92 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 18 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 44,47 | 18,95 | 2,21 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 19 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 47,19 | 19,29 | 3,22 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 20 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 48,82 | 19,51 | 0,09 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 21 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 50,77 | 19,74 | 3,81 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 22 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 53,75 | 20,06 | 2,21 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 23 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 55,41 | 20,18 | 1,14 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 24 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 58,45 | 20,34 | 5,10 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 25 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 62,09 | 20,59 | 2,08 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 26 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 64,22 | 20,86 | 2,20 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 27 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 66,51 | 21,14 | 2,41 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 28 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 68,45 | 21,37 | 1,50 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 29 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 70,34 | 21,63 | 2,29 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 30 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 73,42 | 22,16 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 31 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 77,26 | 22,85 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 32 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 80,38 | 23,36 | 2,47 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 33 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 83,33 | 23,75 | 3,49 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 34 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 86,07 | 24,06 | 2,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 35 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 88,58 | 24,27 | 3,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 36 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 90,62 | 24,43 | 1,05 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 37 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 92,19 | 24,62 | 2,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 38 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 93,26 | 24,78 | 0,02 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 39 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 95,32 | 25,24 | 4,09 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 40 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 99,27 | 26,16 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 41 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 103,10 | 27,10 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 42 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 105,54 | 27,67 | 1,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 43 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 106,72 | 27,92 | 1,27 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 44 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 108,30 | 28,22 | 1,99 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 45 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 111,16 | 28,61 | 3,98 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 46 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 114,16 | 28,97 | 2,08 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 47 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 118,15 | 29,73 | 6,12 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 48 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 121,21 | 30,37 | 0,11 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 49 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 124,26 | 31,08 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 50 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 130,26 | 32,47 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 51 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 135,20 | 33,62 | 3,96 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 52 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 138,01 | 34,29 | 1,80 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 53 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 141,09 | 35,19 | 4,76 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 54 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 145,97 | 36,71 | 5,58 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 55 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 149,01 | 37,69 | 0,78 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 56 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 150,26 | 38,11 | 2,04 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 57 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 152,33 | 38,74 | 2,80 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 58 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 154,21 | 39,25 | 1,10 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 59 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 155,35 | 39,68 | 39,68 | 154,96 | 39,50 | 0,77 | 39,62 | 19,00 | 10 |

Metodo di JANBU COMPLETO

Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.801$

Forze applicate sulle strisce

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 1 | 2,23 | 0,00 | 3,22 | 5,94 | 0,00 | 0,00 | 6,23 | 0,00 | -0,01 | |
| 2 | 39,78 | 0,00 | 44,76 | 25,41 | 0,00 | 6,23 | 35,83 | -0,01 | -1,52 | |
| 3 | 29,60 | 0,00 | 34,00 | 13,34 | 0,00 | 35,83 | 48,78 | -1,52 | -6,25 | |
| 4 | 67,58 | 0,00 | 68,92 | 25,63 | 0,00 | 48,78 | 73,02 | -6,25 | -8,65 | |
| 5 | 39,88 | 0,00 | 42,78 | 14,51 | 0,00 | 73,02 | 82,43 | -8,65 | -13,74 | |
| 6 | 124,72 | 0,00 | 120,32 | 40,95 | 0,94 | 82,43 | 107,99 | -13,74 | -16,92 | |
| 7 | 115,01 | 0,00 | 107,35 | 35,96 | 5,01 | 107,99 | 120,73 | -16,92 | -22,37 | |
| 8 | 91,69 | 0,00 | 83,42 | 27,86 | 5,31 | 120,73 | 130,19 | -22,37 | -25,78 | |
| 9 | 10,19 | 0,00 | 8,51 | 2,91 | 0,72 | 130,19 | 131,21 | -25,78 | -25,50 | |
| 10 | 30,16 | 0,00 | 27,64 | 9,03 | 2,32 | 131,21 | 134,32 | -25,50 | -27,33 | |
| 11 | 211,97 | 0,00 | 177,86 | 58,09 | 23,79 | 134,32 | 151,87 | -27,33 | -30,73 | |
| 12 | 196,38 | 0,00 | 155,88 | 49,64 | 30,35 | 151,87 | 164,05 | -30,73 | -32,82 | |
| 13 | 101,76 | 0,00 | 78,12 | 24,60 | 17,78 | 164,05 | 169,32 | -32,82 | -33,17 | |
| 14 | 7,19 | 0,00 | 2,05 | 1,06 | 1,29 | 169,32 | 169,49 | -33,17 | -29,69 | |
| 15 | 165,38 | 0,00 | 127,16 | 39,42 | 30,74 | 169,49 | 180,41 | -29,69 | -31,79 | |
| 16 | 149,78 | 0,00 | 111,91 | 34,78 | 28,86 | 180,41 | 189,60 | -31,79 | -31,37 | |
| 17 | 183,72 | 0,00 | 138,51 | 42,71 | 36,03 | 189,60 | 200,73 | -31,37 | -32,74 | |
| 18 | 141,64 | 0,00 | 107,96 | 32,91 | 28,60 | 200,73 | 209,11 | -32,74 | -35,76 | |
| 19 | 215,90 | 0,00 | 161,53 | 48,72 | 46,46 | 209,11 | 220,46 | -35,76 | -40,07 | |
| 20 | 6,28 | 0,00 | 11,67 | 2,73 | 1,41 | 220,46 | 221,35 | -40,07 | -47,33 | |
| 21 | 269,30 | 0,00 | 184,81 | 56,48 | 61,75 | 221,35 | 231,39 | -47,33 | -39,63 | |
| 22 | 157,63 | 0,00 | 108,12 | 32,94 | 36,49 | 231,39 | 237,11 | -39,63 | -35,39 | |
| 23 | 78,94 | 0,00 | 50,47 | 15,95 | 17,74 | 237,11 | 239,87 | -35,39 | -29,03 | |
| 24 | 322,15 | 0,00 | 239,86 | 74,14 | 63,82 | 239,87 | 257,53 | -29,03 | -29,16 | |
| 25 | 122,26 | 0,00 | 106,00 | 31,81 | 21,49 | 257,53 | 266,64 | -29,16 | -41,76 | |
| 26 | 133,86 | 0,00 | 104,75 | 32,24 | 24,96 | 266,64 | 275,05 | -41,76 | -45,47 | |
| 27 | 150,92 | 0,00 | 109,47 | 34,32 | 29,44 | 275,05 | 283,26 | -45,47 | -42,14 | |
| 28 | 93,97 | 0,00 | 74,08 | 22,50 | 18,47 | 283,26 | 286,06 | -42,14 | -46,57 | |
| 29 | 144,97 | 0,00 | 113,23 | 34,36 | 29,04 | 286,06 | 290,09 | -46,57 | -52,84 | |
| 30 | 263,19 | 0,00 | 195,78 | 58,92 | 58,00 | 290,09 | 294,58 | -52,84 | -59,31 | |
| 31 | 291,42 | 0,00 | 203,60 | 60,42 | 71,96 | 294,58 | 295,48 | -59,31 | -60,44 | |
| 32 | 195,82 | 0,00 | 126,08 | 37,82 | 50,81 | 295,48 | 294,42 | -60,44 | -52,63 | |
| 33 | 275,83 | 0,00 | 185,58 | 54,85 | 71,39 | 294,42 | 293,46 | -52,63 | -49,58 | |
| 34 | 157,86 | 0,00 | 103,37 | 31,13 | 39,92 | 293,46 | 293,14 | -49,58 | -44,06 | |
| 35 | 219,75 | 0,00 | 149,31 | 45,45 | 51,93 | 293,14 | 294,57 | -44,06 | -38,40 | |
| 36 | 69,53 | 0,00 | 54,12 | 16,15 | 15,12 | 294,57 | 293,33 | -38,40 | -42,57 | |
| 37 | 136,42 | 0,00 | 108,98 | 32,71 | 27,98 | 293,33 | 291,72 | -42,57 | -52,02 | |
| 38 | 1,27 | 0,00 | 125,11 | 24,03 | 0,25 | 291,72 | 294,13 | -52,02 | -178,42 | |
| 39 | 272,51 | 0,00 | 85,60 | 39,06 | 59,38 | 294,13 | 286,73 | -178,42 | -66,12 | |
| 40 | 297,52 | 0,00 | 207,20 | 61,23 | 75,42 | 286,73 | 275,98 | -66,12 | -69,19 | |
| 41 | 341,45 | 0,00 | 221,02 | 63,87 | 97,27 | 275,98 | 258,35 | -69,19 | -65,66 | |
| 42 | 106,56 | 0,00 | 59,03 | 17,59 | 31,84 | 258,35 | 251,97 | -65,66 | -55,83 | |
| 43 | 118,49 | 0,00 | 74,86 | 21,36 | 35,85 | 251,97 | 239,40 | -55,83 | -54,71 | |
| 44 | 181,46 | 0,00 | 107,04 | 31,49 | 54,13 | 239,40 | 220,79 | -54,71 | -44,53 | |
| 45 | 323,41 | 0,00 | 204,75 | 61,21 | 88,41 | 220,79 | 191,28 | -44,53 | -33,27 | |
| 46 | 144,67 | 0,00 | 101,43 | 30,93 | 33,93 | 191,28 | 180,63 | -33,27 | -33,12 | |
| 47 | 393,44 | 0,00 | 288,24 | 89,05 | 83,69 | 180,63 | 155,64 | -33,12 | -37,54 | |
| 48 | 7,07 | 0,00 | 5,55 | 1,69 | 1,46 | 155,64 | 155,08 | -37,54 | -37,95 | |
| 49 | 379,32 | 0,00 | 272,83 | 86,44 | 76,24 | 155,08 | 127,35 | -37,95 | -33,13 | |
| 50 | 366,10 | 0,00 | 265,84 | 85,11 | 69,57 | 127,35 | 102,57 | -33,13 | -27,43 | |
| 51 | 227,76 | 0,00 | 167,56 | 54,02 | 41,09 | 102,57 | 88,19 | -27,43 | -24,11 | |
| 52 | 103,18 | 0,00 | 77,15 | 24,74 | 18,50 | 88,19 | 81,68 | -24,11 | -23,78 | |
| 53 | 252,77 | 0,00 | 183,09 | 61,41 | 42,40 | 81,68 | 46,63 | -23,78 | -14,14 | |
| 54 | 262,55 | 0,00 | 201,50 | 69,51 | 32,10 | 46,63 | 15,84 | -14,14 | -5,41 | |
| 55 | 32,14 | 0,00 | 23,62 | 8,87 | 2,79 | 15,84 | 10,17 | -5,41 | -2,22 | |
| 56 | 72,08 | 0,00 | 61,36 | 23,06 | 0,92 | 10,17 | -0,97 | -2,22 | 0,84 | |
| 57 | 62,77 | 0,00 | 54,19 | 25,92 | 0,00 | -0,97 | -5,35 | 0,84 | 1,07 | |
| 58 | 11,79 | 0,00 | 9,49 | 7,94 | 0,00 | -5,35 | -3,10 | 1,07 | 0,44 | |

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 59 | 2,44 | 0,00 | 0,07 | 4,27 | 0,00 | -3,10 | -0,05 | 0,44 | 0,00 | |

Superficie n° 2

Analisi della superficie 2 - valori caratteristici e sisma verso il basso

Numero di strisce

59

Intersezione a valle con il profilo topografico X_v[m]= 8,07

Y_v[m]= 15,24

Intersezione a monte con il profilo topografico X_m[m]= 155,35

Y_m[m]= 39,68

Geometria e caratteristiche strisce

| N° | X _s [m] | Y _{ss} [m] | Y _{si} [m] | X _d [m] | Y _{ds} [m] | Y _{di} [m] | X _g [m] | Y _g [m] | L [m] | α [°] | φ [°] | c [kPa] |
|----|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| 1 | 8,07 | 15,24 | 15,24 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 8,70 | 15,21 | 0,96 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 2 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 10,84 | 15,15 | 3,04 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 3 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 12,64 | 15,15 | 1,23 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 4 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 14,41 | 15,21 | 2,24 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 5 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 16,05 | 15,30 | 1,14 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 6 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 18,27 | 15,49 | 3,23 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 7 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 21,23 | 15,81 | 2,78 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 8 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 23,68 | 16,15 | 2,15 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 9 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 24,86 | 16,33 | 0,23 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 10 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 25,31 | 16,40 | 0,67 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 11 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 27,85 | 16,81 | 4,34 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 12 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 31,75 | 17,42 | 3,57 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 13 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 34,37 | 17,81 | 1,74 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 14 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 35,29 | 17,94 | 0,12 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 15 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 36,71 | 18,11 | 2,72 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 16 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 39,26 | 18,39 | 2,41 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 17 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 41,92 | 18,67 | 2,92 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 18 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 44,47 | 18,95 | 2,21 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 19 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 47,19 | 19,29 | 3,22 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 20 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 48,82 | 19,51 | 0,09 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 21 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 50,77 | 19,74 | 3,81 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 22 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 53,75 | 20,06 | 2,21 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 23 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 55,41 | 20,18 | 1,14 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 24 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 58,45 | 20,34 | 5,10 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 25 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 62,09 | 20,59 | 2,08 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 26 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 64,22 | 20,86 | 2,20 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 27 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 66,51 | 21,14 | 2,41 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 28 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 68,45 | 21,37 | 1,50 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 29 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 70,34 | 21,63 | 2,29 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 30 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 73,42 | 22,16 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 31 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 77,26 | 22,85 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 32 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 80,38 | 23,36 | 2,47 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 33 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 83,33 | 23,75 | 3,49 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 34 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 86,07 | 24,06 | 2,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 35 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 88,58 | 24,27 | 3,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 36 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 90,62 | 24,43 | 1,05 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 37 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 92,19 | 24,62 | 2,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 38 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 93,26 | 24,78 | 0,02 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 39 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 95,32 | 25,24 | 4,09 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 40 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 99,27 | 26,16 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 41 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 103,10 | 27,10 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 42 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 105,54 | 27,67 | 1,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 43 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 106,72 | 27,92 | 1,27 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 44 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 108,30 | 28,22 | 1,99 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 45 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 111,16 | 28,61 | 3,98 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 46 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 114,16 | 28,97 | 2,08 | 12,58 | 19,00 | 10 |

| N° | X _s [m] | Y _{ss} [m] | Y _{si} [m] | X _d [m] | Y _{ds} [m] | Y _{di} [m] | X _g [m] | Y _g [m] | L [m] | α [°] | φ [°] | c [kPa] |
|----|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| 47 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 118,15 | 29,73 | 6,12 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 48 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 121,21 | 30,37 | 0,11 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 49 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 124,26 | 31,08 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 50 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 130,26 | 32,47 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 51 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 135,20 | 33,62 | 3,96 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 52 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 138,01 | 34,29 | 1,80 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 53 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 141,09 | 35,19 | 4,76 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 54 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 145,97 | 36,71 | 5,58 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 55 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 149,01 | 37,69 | 0,78 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 56 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 150,26 | 38,11 | 2,04 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 57 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 152,33 | 38,74 | 2,80 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 58 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 154,21 | 39,25 | 1,10 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 59 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 155,35 | 39,68 | 39,68 | 154,96 | 39,50 | 0,77 | 39,62 | 19,00 | 10 |

Metodo di JANBU COMPLETO

Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.816$

Forze applicate sulle strisce

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 1 | 2,23 | 0,00 | 3,40 | 5,93 | 0,00 | 0,00 | 6,25 | 0,00 | -0,01 | |
| 2 | 39,78 | 0,00 | 48,06 | 25,83 | 0,00 | 6,25 | 36,83 | -0,01 | -1,57 | |
| 3 | 29,60 | 0,00 | 36,49 | 13,70 | 0,00 | 36,83 | 50,29 | -1,57 | -6,45 | |
| 4 | 67,58 | 0,00 | 74,41 | 26,46 | 0,00 | 50,29 | 75,68 | -6,45 | -8,97 | |
| 5 | 39,88 | 0,00 | 45,99 | 15,00 | 0,00 | 75,68 | 85,43 | -8,97 | -14,14 | |
| 6 | 124,72 | 0,00 | 130,21 | 42,49 | 0,94 | 85,43 | 112,09 | -14,14 | -17,47 | |
| 7 | 115,01 | 0,00 | 116,36 | 37,38 | 5,01 | 112,09 | 125,12 | -17,47 | -23,01 | |
| 8 | 91,69 | 0,00 | 90,65 | 29,01 | 5,31 | 125,12 | 134,83 | -23,01 | -26,53 | |
| 9 | 10,19 | 0,00 | 9,31 | 3,04 | 0,72 | 134,83 | 135,88 | -26,53 | -26,25 | |
| 10 | 30,16 | 0,00 | 30,03 | 9,41 | 2,32 | 135,88 | 139,09 | -26,25 | -28,14 | |
| 11 | 211,97 | 0,00 | 194,46 | 60,77 | 23,79 | 139,09 | 157,37 | -28,14 | -31,68 | |
| 12 | 196,38 | 0,00 | 171,25 | 52,15 | 30,35 | 157,37 | 170,26 | -31,68 | -33,89 | |
| 13 | 101,76 | 0,00 | 86,06 | 25,91 | 17,78 | 170,26 | 175,91 | -33,89 | -34,28 | |
| 14 | 7,19 | 0,00 | 2,63 | 1,16 | 1,29 | 175,91 | 176,12 | -34,28 | -30,83 | |
| 15 | 165,38 | 0,00 | 140,04 | 41,55 | 30,74 | 176,12 | 187,91 | -30,83 | -32,96 | |
| 16 | 149,78 | 0,00 | 123,57 | 36,71 | 28,86 | 187,91 | 197,89 | -32,96 | -32,57 | |
| 17 | 183,72 | 0,00 | 152,89 | 45,09 | 36,03 | 197,89 | 210,00 | -32,57 | -34,05 | |
| 18 | 141,64 | 0,00 | 119,14 | 34,76 | 28,60 | 210,00 | 219,14 | -34,05 | -37,25 | |
| 19 | 215,90 | 0,00 | 178,59 | 51,57 | 46,46 | 219,14 | 231,66 | -37,25 | -41,86 | |
| 20 | 6,28 | 0,00 | 13,60 | 3,08 | 1,41 | 231,66 | 232,71 | -41,86 | -50,58 | |
| 21 | 269,30 | 0,00 | 204,32 | 59,72 | 61,75 | 232,71 | 243,99 | -50,58 | -41,46 | |
| 22 | 157,63 | 0,00 | 120,20 | 34,97 | 36,49 | 243,99 | 250,52 | -41,46 | -37,06 | |
| 23 | 78,94 | 0,00 | 56,26 | 16,92 | 17,74 | 250,52 | 253,65 | -37,06 | -30,35 | |
| 24 | 322,15 | 0,00 | 264,90 | 78,29 | 63,82 | 253,65 | 272,90 | -30,35 | -30,52 | |
| 25 | 122,26 | 0,00 | 116,25 | 33,50 | 21,49 | 272,90 | 282,66 | -30,52 | -43,88 | |
| 26 | 133,86 | 0,00 | 115,39 | 34,00 | 24,96 | 282,66 | 291,74 | -43,88 | -47,84 | |
| 27 | 150,92 | 0,00 | 121,01 | 36,23 | 29,44 | 291,74 | 300,68 | -47,84 | -44,34 | |
| 28 | 93,97 | 0,00 | 81,60 | 23,75 | 18,47 | 300,68 | 303,73 | -44,34 | -49,00 | |
| 29 | 144,97 | 0,00 | 124,88 | 36,29 | 29,04 | 303,73 | 308,15 | -49,00 | -55,68 | |
| 30 | 263,19 | 0,00 | 216,65 | 62,41 | 58,00 | 308,15 | 313,37 | -55,68 | -62,61 | |
| 31 | 291,42 | 0,00 | 226,38 | 64,26 | 71,96 | 313,37 | 315,09 | -62,61 | -63,94 | |
| 32 | 195,82 | 0,00 | 140,83 | 40,31 | 50,81 | 315,09 | 314,56 | -63,94 | -55,68 | |
| 33 | 275,83 | 0,00 | 206,85 | 58,44 | 71,39 | 314,56 | 314,38 | -55,68 | -52,53 | |
| 34 | 157,86 | 0,00 | 115,28 | 33,13 | 39,92 | 314,38 | 314,49 | -52,53 | -46,67 | |
| 35 | 219,75 | 0,00 | 165,99 | 48,25 | 51,93 | 314,49 | 316,51 | -46,67 | -40,65 | |
| 36 | 69,53 | 0,00 | 59,81 | 17,10 | 15,12 | 316,51 | 315,25 | -40,65 | -45,13 | |
| 37 | 136,42 | 0,00 | 120,27 | 34,59 | 27,98 | 315,25 | 313,59 | -45,13 | -55,31 | |
| 38 | 1,27 | 0,00 | 118,54 | 22,59 | 0,25 | 313,59 | 315,69 | -55,31 | -174,89 | |
| 39 | 272,51 | 0,00 | 114,56 | 44,24 | 59,38 | 315,69 | 308,50 | -174,89 | -70,59 | |
| 40 | 297,52 | 0,00 | 230,53 | 65,17 | 75,42 | 308,50 | 297,68 | -70,59 | -73,95 | |
| 41 | 341,45 | 0,00 | 247,47 | 68,38 | 97,27 | 297,68 | 280,03 | -73,95 | -70,42 | |
| 42 | 106,56 | 0,00 | 66,55 | 18,88 | 31,84 | 280,03 | 273,65 | -70,42 | -59,84 | |
| 43 | 118,49 | 0,00 | 84,08 | 22,94 | 35,85 | 273,65 | 260,61 | -59,84 | -58,76 | |

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 44 | 181,46 | 0,00 | 120,40 | 33,78 | 54,13 | 260,61 | 241,31 | -58,76 | -47,86 | |
| 45 | 323,41 | 0,00 | 229,01 | 65,31 | 88,41 | 241,31 | 210,53 | -47,86 | -35,76 | |
| 46 | 144,67 | 0,00 | 112,78 | 32,84 | 33,93 | 210,53 | 199,27 | -35,76 | -35,75 | |
| 47 | 393,44 | 0,00 | 319,44 | 94,25 | 83,69 | 199,27 | 172,57 | -35,75 | -40,83 | |
| 48 | 7,07 | 0,00 | 6,16 | 1,79 | 1,46 | 172,57 | 171,97 | -40,83 | -41,31 | |
| 49 | 379,32 | 0,00 | 302,01 | 91,29 | 76,24 | 171,97 | 142,09 | -41,31 | -36,20 | |
| 50 | 366,10 | 0,00 | 293,84 | 89,74 | 69,57 | 142,09 | 115,23 | -36,20 | -30,03 | |
| 51 | 227,76 | 0,00 | 184,98 | 56,89 | 41,09 | 115,23 | 99,56 | -30,03 | -26,42 | |
| 52 | 103,18 | 0,00 | 85,19 | 26,07 | 18,50 | 99,56 | 92,44 | -26,42 | -26,10 | |
| 53 | 252,77 | 0,00 | 202,34 | 64,57 | 42,40 | 92,44 | 54,13 | -26,10 | -15,84 | |
| 54 | 262,55 | 0,00 | 221,24 | 72,69 | 32,10 | 54,13 | 19,94 | -15,84 | -6,18 | |
| 55 | 32,14 | 0,00 | 26,07 | 9,26 | 2,79 | 19,94 | 13,59 | -6,18 | -2,84 | |
| 56 | 72,08 | 0,00 | 66,73 | 23,90 | 0,92 | 13,59 | 0,94 | -2,84 | 0,66 | |
| 57 | 62,77 | 0,00 | 59,07 | 26,64 | 0,00 | 0,94 | -4,86 | 0,66 | 1,10 | |
| 58 | 11,79 | 0,00 | 10,46 | 8,06 | 0,00 | -4,86 | -2,91 | 1,10 | 0,46 | |
| 59 | 2,44 | 0,00 | 0,33 | 4,29 | 0,00 | -2,91 | -0,01 | 0,46 | 0,00 | |

Superficie n° 3

Analisi della superficie 3 - valori caratteristici e sisma verso il basso

Numero di strisce

59

Intersezione a valle con il profilo topografico X_v[m]= 8,07

Y_v[m]= 15,24

Intersezione a monte con il profilo topografico X_m[m]= 155,35

Y_m[m]= 39,68

Geometria e caratteristiche strisce

| N° | X _s [m] | Y _{ss} [m] | Y _{si} [m] | X _d [m] | Y _{ds} [m] | Y _{di} [m] | X _g [m] | Y _g [m] | L [m] | α [°] | φ [°] | c [kPa] |
|----|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| 1 | 8,07 | 15,24 | 15,24 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 8,70 | 15,21 | 0,96 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 2 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 10,84 | 15,15 | 3,04 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 3 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 12,64 | 15,15 | 1,23 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 4 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 14,41 | 15,21 | 2,24 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 5 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 16,05 | 15,30 | 1,14 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 6 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 18,27 | 15,49 | 3,23 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 7 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 21,23 | 15,81 | 2,78 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 8 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 23,68 | 16,15 | 2,15 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 9 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 24,86 | 16,33 | 0,23 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 10 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 25,31 | 16,40 | 0,67 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 11 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 27,85 | 16,81 | 4,34 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 12 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 31,75 | 17,42 | 3,57 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 13 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 34,37 | 17,81 | 1,74 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 14 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 35,29 | 17,94 | 0,12 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 15 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 36,71 | 18,11 | 2,72 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 16 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 39,26 | 18,39 | 2,41 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 17 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 41,92 | 18,67 | 2,92 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 18 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 44,47 | 18,95 | 2,21 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 19 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 47,19 | 19,29 | 3,22 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 20 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 48,82 | 19,51 | 0,09 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 21 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 50,77 | 19,74 | 3,81 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 22 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 53,75 | 20,06 | 2,21 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 23 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 55,41 | 20,18 | 1,14 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 24 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 58,45 | 20,34 | 5,10 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 25 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 62,09 | 20,59 | 2,08 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 26 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 64,22 | 20,86 | 2,20 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 27 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 66,51 | 21,14 | 2,41 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 28 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 68,45 | 21,37 | 1,50 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 29 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 70,34 | 21,63 | 2,29 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 30 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 73,42 | 22,16 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 31 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 77,26 | 22,85 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |

| N° | X _s [m] | Y _{ss} [m] | Y _{si} [m] | X _d [m] | Y _{ds} [m] | Y _{di} [m] | X _g [m] | Y _g [m] | L [m] | α [°] | φ [°] | c [kPa] |
|----|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| 32 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 80,38 | 23,36 | 2,47 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 33 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 83,33 | 23,75 | 3,49 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 34 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 86,07 | 24,06 | 2,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 35 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 88,58 | 24,27 | 3,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 36 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 90,62 | 24,43 | 1,05 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 37 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 92,19 | 24,62 | 2,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 38 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 93,26 | 24,78 | 0,02 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 39 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 95,32 | 25,24 | 4,09 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 40 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 99,27 | 26,16 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 41 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 103,10 | 27,10 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 42 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 105,54 | 27,67 | 1,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 43 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 106,72 | 27,92 | 1,27 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 44 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 108,30 | 28,22 | 1,99 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 45 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 111,16 | 28,61 | 3,98 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 46 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 114,16 | 28,97 | 2,08 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 47 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 118,15 | 29,73 | 6,12 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 48 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 121,21 | 30,37 | 0,11 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 49 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 124,26 | 31,08 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 50 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 130,26 | 32,47 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 51 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 135,20 | 33,62 | 3,96 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 52 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 138,01 | 34,29 | 1,80 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 53 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 141,09 | 35,19 | 4,76 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 54 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 145,97 | 36,71 | 5,58 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 55 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 149,01 | 37,69 | 0,78 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 56 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 150,26 | 38,11 | 2,04 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 57 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 152,33 | 38,74 | 2,80 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 58 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 154,21 | 39,25 | 1,10 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 59 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 155,35 | 39,68 | 39,68 | 154,96 | 39,50 | 0,77 | 39,62 | 19,00 | 10 |

Metodo di JANBU COMPLETO

Coefficiente di sicurezza $F_s = 2.180$

Forze applicate sulle strisce

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 1 | 2,23 | 0,00 | 3,16 | 4,90 | 0,00 | 0,00 | 5,29 | 0,00 | -0,01 | |
| 2 | 39,78 | 0,00 | 46,14 | 21,21 | 0,00 | 5,29 | 32,62 | -0,01 | -1,28 | |
| 3 | 29,60 | 0,00 | 34,85 | 11,15 | 0,00 | 32,62 | 44,65 | -1,28 | -5,26 | |
| 4 | 67,58 | 0,00 | 72,36 | 21,72 | 0,00 | 44,65 | 67,95 | -5,26 | -7,40 | |
| 5 | 39,88 | 0,00 | 44,32 | 12,23 | 0,00 | 67,95 | 76,65 | -7,40 | -11,60 | |
| 6 | 124,72 | 0,00 | 127,58 | 34,98 | 0,94 | 76,65 | 101,02 | -11,60 | -14,52 | |
| 7 | 115,01 | 0,00 | 113,87 | 30,74 | 5,01 | 101,02 | 112,49 | -14,52 | -19,11 | |
| 8 | 91,69 | 0,00 | 88,94 | 23,89 | 5,31 | 112,49 | 121,08 | -19,11 | -22,18 | |
| 9 | 10,19 | 0,00 | 9,20 | 2,51 | 0,72 | 121,08 | 122,04 | -22,18 | -21,94 | |
| 10 | 30,16 | 0,00 | 29,27 | 7,72 | 2,32 | 122,04 | 124,89 | -21,94 | -23,48 | |
| 11 | 211,97 | 0,00 | 190,78 | 50,03 | 23,79 | 124,89 | 141,63 | -23,48 | -26,47 | |
| 12 | 196,38 | 0,00 | 167,69 | 42,87 | 30,35 | 141,63 | 153,77 | -26,47 | -28,09 | |
| 13 | 101,76 | 0,00 | 84,24 | 21,29 | 17,78 | 153,77 | 159,21 | -28,09 | -28,22 | |
| 14 | 7,19 | 0,00 | 4,36 | 1,24 | 1,29 | 159,21 | 159,63 | -28,22 | -26,65 | |
| 15 | 165,38 | 0,00 | 135,59 | 33,90 | 30,74 | 159,63 | 171,02 | -26,65 | -27,00 | |
| 16 | 149,78 | 0,00 | 121,18 | 30,20 | 28,86 | 171,02 | 180,88 | -27,00 | -26,67 | |
| 17 | 183,72 | 0,00 | 149,77 | 37,06 | 36,03 | 180,88 | 192,84 | -26,67 | -28,02 | |
| 18 | 141,64 | 0,00 | 116,49 | 28,53 | 28,60 | 192,84 | 201,84 | -28,02 | -30,89 | |
| 19 | 215,90 | 0,00 | 174,52 | 42,30 | 46,46 | 201,84 | 214,39 | -30,89 | -34,97 | |
| 20 | 6,28 | 0,00 | 6,15 | 1,39 | 1,41 | 214,39 | 214,77 | -34,97 | -36,24 | |
| 21 | 269,30 | 0,00 | 207,28 | 50,20 | 61,75 | 214,77 | 227,32 | -36,24 | -34,62 | |
| 22 | 157,63 | 0,00 | 117,81 | 28,75 | 36,49 | 227,32 | 234,36 | -34,62 | -30,45 | |
| 23 | 78,94 | 0,00 | 55,74 | 14,01 | 17,74 | 234,36 | 237,88 | -30,45 | -24,55 | |
| 24 | 322,15 | 0,00 | 260,13 | 64,45 | 63,82 | 237,88 | 257,05 | -24,55 | -25,17 | |
| 25 | 122,26 | 0,00 | 113,78 | 27,51 | 21,49 | 257,05 | 266,12 | -25,17 | -37,97 | |
| 26 | 133,86 | 0,00 | 113,00 | 27,94 | 24,96 | 266,12 | 274,90 | -37,97 | -41,67 | |
| 27 | 150,92 | 0,00 | 118,76 | 29,82 | 29,44 | 274,90 | 283,87 | -41,67 | -38,37 | |
| 28 | 93,97 | 0,00 | 79,73 | 19,48 | 18,47 | 283,87 | 286,79 | -38,37 | -42,54 | |

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 29 | 144,97 | 0,00 | 122,31 | 29,82 | 29,04 | 286,79 | 291,07 | -42,54 | -48,79 | |
| 30 | 263,19 | 0,00 | 211,95 | 51,23 | 58,00 | 291,07 | 296,61 | -48,79 | -55,00 | |
| 31 | 291,42 | 0,00 | 221,27 | 52,71 | 71,96 | 296,61 | 299,50 | -55,00 | -55,72 | |
| 32 | 195,82 | 0,00 | 137,99 | 33,12 | 50,81 | 299,50 | 300,25 | -55,72 | -47,72 | |
| 33 | 275,83 | 0,00 | 202,79 | 48,03 | 71,39 | 300,25 | 301,58 | -47,72 | -44,82 | |
| 34 | 157,86 | 0,00 | 113,44 | 27,30 | 39,92 | 301,58 | 302,63 | -44,82 | -39,62 | |
| 35 | 219,75 | 0,00 | 163,42 | 39,78 | 51,93 | 302,63 | 305,60 | -39,62 | -34,45 | |
| 36 | 69,53 | 0,00 | 59,04 | 14,12 | 15,12 | 305,60 | 304,37 | -34,45 | -39,08 | |
| 37 | 136,42 | 0,00 | 118,40 | 28,51 | 27,98 | 304,37 | 302,63 | -39,08 | -49,19 | |
| 38 | 1,27 | 0,00 | 9,82 | 1,64 | 0,25 | 302,63 | 302,50 | -49,19 | -58,10 | |
| 39 | 272,51 | 0,00 | 219,37 | 53,39 | 59,38 | 302,50 | 297,81 | -58,10 | -64,24 | |
| 40 | 297,52 | 0,00 | 224,89 | 53,38 | 75,42 | 297,81 | 288,53 | -64,24 | -66,14 | |
| 41 | 341,45 | 0,00 | 241,73 | 56,04 | 97,27 | 288,53 | 273,68 | -66,14 | -61,88 | |
| 42 | 106,56 | 0,00 | 64,91 | 15,46 | 31,84 | 273,68 | 268,57 | -61,88 | -51,29 | |
| 43 | 118,49 | 0,00 | 82,27 | 18,82 | 35,85 | 268,57 | 256,77 | -51,29 | -49,97 | |
| 44 | 181,46 | 0,00 | 118,85 | 27,88 | 54,13 | 256,77 | 239,50 | -49,97 | -39,99 | |
| 45 | 323,41 | 0,00 | 226,44 | 53,99 | 88,41 | 239,50 | 211,48 | -39,99 | -29,56 | |
| 46 | 144,67 | 0,00 | 112,46 | 27,30 | 33,93 | 211,48 | 200,81 | -29,56 | -30,99 | |
| 47 | 393,44 | 0,00 | 315,75 | 77,91 | 83,69 | 200,81 | 175,10 | -30,99 | -36,98 | |
| 48 | 7,07 | 0,00 | 6,06 | 1,48 | 1,46 | 175,10 | 174,50 | -36,98 | -37,43 | |
| 49 | 379,32 | 0,00 | 298,53 | 75,48 | 76,24 | 174,50 | 145,62 | -37,43 | -33,00 | |
| 50 | 366,10 | 0,00 | 290,28 | 74,17 | 69,57 | 145,62 | 119,48 | -33,00 | -27,23 | |
| 51 | 227,76 | 0,00 | 182,79 | 47,03 | 41,09 | 119,48 | 104,07 | -27,23 | -23,85 | |
| 52 | 103,18 | 0,00 | 84,19 | 21,55 | 18,50 | 104,07 | 97,04 | -23,85 | -23,62 | |
| 53 | 252,77 | 0,00 | 201,45 | 53,63 | 42,40 | 97,04 | 59,03 | -23,62 | -14,14 | |
| 54 | 262,55 | 0,00 | 220,21 | 60,38 | 32,10 | 59,03 | 24,29 | -14,14 | -4,90 | |
| 55 | 32,14 | 0,00 | 26,59 | 7,79 | 2,79 | 24,29 | 17,71 | -4,90 | -2,08 | |
| 56 | 72,08 | 0,00 | 67,11 | 19,96 | 0,92 | 17,71 | 4,29 | -2,08 | 1,27 | |
| 57 | 62,77 | 0,00 | 60,05 | 22,34 | 0,00 | 4,29 | -3,25 | 1,27 | 1,35 | |
| 58 | 11,79 | 0,00 | 11,03 | 6,80 | 0,00 | -3,25 | -2,20 | 1,35 | 0,49 | |
| 59 | 2,44 | 0,00 | 0,83 | 3,65 | 0,00 | -2,20 | -0,01 | 0,49 | 0,00 | |

Superficie n° 4

Analisi della superficie 4 - valori caratteristici e sisma verso l'alto

Numero di strisce

59

Intersezione a valle con il profilo topografico X_v[m]= 8,07Y_v[m]= 15,24Intersezione a monte con il profilo topografico X_m[m]= 155,35Y_m[m]= 39,68

Geometria e caratteristiche strisce

| N° | X _s [m] | Y _{ss} [m] | Y _{si} [m] | X _d [m] | Y _{ds} [m] | Y _{di} [m] | X _g [m] | Y _g [m] | L [m] | α [°] | φ [°] | c [kPa] |
|----|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| 1 | 8,07 | 15,24 | 15,24 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 8,70 | 15,21 | 0,96 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 2 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 10,84 | 15,15 | 3,04 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 3 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 12,64 | 15,15 | 1,23 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 4 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 14,41 | 15,21 | 2,24 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 5 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 16,05 | 15,30 | 1,14 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 6 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 18,27 | 15,49 | 3,23 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 7 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 21,23 | 15,81 | 2,78 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 8 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 23,68 | 16,15 | 2,15 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 9 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 24,86 | 16,33 | 0,23 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 10 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 25,31 | 16,40 | 0,67 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 11 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 27,85 | 16,81 | 4,34 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 12 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 31,75 | 17,42 | 3,57 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 13 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 34,37 | 17,81 | 1,74 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 14 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 35,29 | 17,94 | 0,12 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 15 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 36,71 | 18,11 | 2,72 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 16 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 39,26 | 18,39 | 2,41 | 5,57 | 19,00 | 10 |

| N° | X _s [m] | Y _{ss} [m] | Y _{si} [m] | X _d [m] | Y _{ds} [m] | Y _{di} [m] | X _g [m] | Y _g [m] | L [m] | α [°] | φ [°] | c [kPa] |
|----|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| 17 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 41,92 | 18,67 | 2,92 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 18 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 44,47 | 18,95 | 2,21 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 19 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 47,19 | 19,29 | 3,22 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 20 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 48,82 | 19,51 | 0,09 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 21 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 50,77 | 19,74 | 3,81 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 22 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 53,75 | 20,06 | 2,21 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 23 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 55,41 | 20,18 | 1,14 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 24 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 58,45 | 20,34 | 5,10 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 25 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 62,09 | 20,59 | 2,08 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 26 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 64,22 | 20,86 | 2,20 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 27 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 66,51 | 21,14 | 2,41 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 28 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 68,45 | 21,37 | 1,50 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 29 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 70,34 | 21,63 | 2,29 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 30 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 73,42 | 22,16 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 31 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 77,26 | 22,85 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 32 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 80,38 | 23,36 | 2,47 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 33 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 83,33 | 23,75 | 3,49 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 34 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 86,07 | 24,06 | 2,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 35 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 88,58 | 24,27 | 3,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 36 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 90,62 | 24,43 | 1,05 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 37 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 92,19 | 24,62 | 2,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 38 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 93,26 | 24,78 | 0,02 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 39 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 95,32 | 25,24 | 4,09 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 40 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 99,27 | 26,16 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 41 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 103,10 | 27,10 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 42 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 105,54 | 27,67 | 1,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 43 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 106,72 | 27,92 | 1,27 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 44 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 108,30 | 28,22 | 1,99 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 45 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 111,16 | 28,61 | 3,98 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 46 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 114,16 | 28,97 | 2,08 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 47 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 118,15 | 29,73 | 6,12 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 48 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 121,21 | 30,37 | 0,11 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 49 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 124,26 | 31,08 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 50 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 130,26 | 32,47 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 51 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 135,20 | 33,62 | 3,96 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 52 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 138,01 | 34,29 | 1,80 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 53 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 141,09 | 35,19 | 4,76 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 54 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 145,97 | 36,71 | 5,58 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 55 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 149,01 | 37,69 | 0,78 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 56 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 150,26 | 38,11 | 2,04 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 57 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 152,33 | 38,74 | 2,80 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 58 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 154,21 | 39,25 | 1,10 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 59 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 155,35 | 39,68 | 39,68 | 154,96 | 39,50 | 0,77 | 39,62 | 19,00 | 10 |

Metodo di JANBU COMPLETO

Coefficiente di sicurezza $F_s = 2.184$

Forze applicate sulle strisce

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 1 | 2,23 | 0,00 | 3,08 | 4,88 | 0,00 | 0,00 | 5,25 | 0,00 | -0,01 | |
| 2 | 39,78 | 0,00 | 44,54 | 20,92 | 0,00 | 5,25 | 32,03 | -0,01 | -1,25 | |
| 3 | 29,60 | 0,00 | 33,64 | 10,95 | 0,00 | 32,03 | 43,78 | -1,25 | -5,16 | |
| 4 | 67,58 | 0,00 | 69,73 | 21,27 | 0,00 | 43,78 | 66,49 | -5,16 | -7,23 | |
| 5 | 39,88 | 0,00 | 42,77 | 11,97 | 0,00 | 66,49 | 75,00 | -7,23 | -11,37 | |
| 6 | 124,72 | 0,00 | 122,86 | 34,18 | 0,94 | 75,00 | 98,80 | -11,37 | -14,22 | |
| 7 | 115,01 | 0,00 | 109,54 | 30,01 | 5,01 | 98,80 | 110,08 | -14,22 | -18,76 | |
| 8 | 91,69 | 0,00 | 85,48 | 23,31 | 5,31 | 110,08 | 118,52 | -18,76 | -21,76 | |
| 9 | 10,19 | 0,00 | 8,82 | 2,45 | 0,72 | 118,52 | 119,46 | -21,76 | -21,52 | |
| 10 | 30,16 | 0,00 | 28,12 | 7,52 | 2,32 | 119,46 | 122,26 | -21,52 | -23,04 | |
| 11 | 211,97 | 0,00 | 182,85 | 48,71 | 23,79 | 122,26 | 138,60 | -23,04 | -25,95 | |
| 12 | 196,38 | 0,00 | 160,35 | 41,65 | 30,35 | 138,60 | 150,39 | -25,95 | -27,52 | |
| 13 | 101,76 | 0,00 | 80,45 | 20,66 | 17,78 | 150,39 | 155,64 | -27,52 | -27,63 | |

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 14 | 7,19 | 0,00 | 4,10 | 1,20 | 1,29 | 155,64 | 156,04 | -27,63 | -26,07 | |
| 15 | 165,38 | 0,00 | 129,42 | 32,88 | 30,74 | 156,04 | 167,01 | -26,07 | -26,39 | |
| 16 | 149,78 | 0,00 | 115,61 | 29,27 | 28,86 | 167,01 | 176,50 | -26,39 | -26,05 | |
| 17 | 183,72 | 0,00 | 142,90 | 35,92 | 36,03 | 176,50 | 187,99 | -26,05 | -27,36 | |
| 18 | 141,64 | 0,00 | 111,14 | 27,65 | 28,60 | 187,99 | 196,63 | -27,36 | -30,13 | |
| 19 | 215,90 | 0,00 | 166,36 | 40,96 | 46,46 | 196,63 | 208,63 | -30,13 | -34,08 | |
| 20 | 6,28 | 0,00 | 5,84 | 1,34 | 1,41 | 208,63 | 208,99 | -34,08 | -35,27 | |
| 21 | 269,30 | 0,00 | 197,33 | 48,56 | 61,75 | 208,99 | 220,92 | -35,27 | -33,70 | |
| 22 | 157,63 | 0,00 | 112,06 | 27,80 | 36,49 | 220,92 | 227,59 | -33,70 | -29,63 | |
| 23 | 78,94 | 0,00 | 52,97 | 13,56 | 17,74 | 227,59 | 230,95 | -29,63 | -23,90 | |
| 24 | 322,15 | 0,00 | 248,15 | 62,47 | 63,82 | 230,95 | 249,36 | -23,90 | -24,50 | |
| 25 | 122,26 | 0,00 | 108,85 | 26,69 | 21,49 | 249,36 | 258,11 | -24,50 | -36,91 | |
| 26 | 133,86 | 0,00 | 107,91 | 27,10 | 24,96 | 258,11 | 266,57 | -36,91 | -40,50 | |
| 27 | 150,92 | 0,00 | 113,24 | 28,91 | 29,44 | 266,57 | 275,19 | -40,50 | -37,29 | |
| 28 | 93,97 | 0,00 | 76,12 | 18,89 | 18,47 | 275,19 | 277,99 | -37,29 | -41,34 | |
| 29 | 144,97 | 0,00 | 116,73 | 28,89 | 29,04 | 277,99 | 282,09 | -41,34 | -47,39 | |
| 30 | 263,19 | 0,00 | 201,97 | 49,59 | 58,00 | 282,09 | 287,31 | -47,39 | -53,37 | |
| 31 | 291,42 | 0,00 | 210,39 | 50,92 | 71,96 | 287,31 | 289,84 | -53,37 | -54,02 | |
| 32 | 195,82 | 0,00 | 130,95 | 31,97 | 50,81 | 289,84 | 290,37 | -54,02 | -46,25 | |
| 33 | 275,83 | 0,00 | 192,62 | 46,36 | 71,39 | 290,37 | 291,38 | -46,25 | -43,41 | |
| 34 | 157,86 | 0,00 | 107,74 | 26,37 | 39,92 | 291,38 | 292,24 | -43,41 | -38,37 | |
| 35 | 219,75 | 0,00 | 155,44 | 38,46 | 51,93 | 292,24 | 294,95 | -38,37 | -33,37 | |
| 36 | 69,53 | 0,00 | 56,31 | 13,66 | 15,12 | 294,95 | 293,74 | -33,37 | -37,85 | |
| 37 | 136,42 | 0,00 | 112,99 | 27,62 | 27,98 | 293,74 | 292,03 | -37,85 | -47,60 | |
| 38 | 1,27 | 0,00 | 10,76 | 1,79 | 0,25 | 292,03 | 291,89 | -47,60 | -57,51 | |
| 39 | 272,51 | 0,00 | 207,73 | 51,48 | 59,38 | 291,89 | 287,27 | -57,51 | -62,10 | |
| 40 | 297,52 | 0,00 | 213,73 | 51,55 | 75,42 | 287,27 | 278,06 | -62,10 | -63,87 | |
| 41 | 341,45 | 0,00 | 229,10 | 53,97 | 97,27 | 278,06 | 263,31 | -63,87 | -59,64 | |
| 42 | 106,56 | 0,00 | 61,32 | 14,87 | 31,84 | 263,31 | 258,23 | -59,64 | -49,41 | |
| 43 | 118,49 | 0,00 | 77,87 | 18,10 | 35,85 | 258,23 | 246,68 | -49,41 | -48,09 | |
| 44 | 181,46 | 0,00 | 112,45 | 26,84 | 54,13 | 246,68 | 229,78 | -48,09 | -38,46 | |
| 45 | 323,41 | 0,00 | 214,82 | 52,08 | 88,41 | 229,78 | 202,43 | -38,46 | -28,41 | |
| 46 | 144,67 | 0,00 | 107,02 | 26,40 | 33,93 | 202,43 | 192,07 | -28,41 | -29,77 | |
| 47 | 393,44 | 0,00 | 300,84 | 75,45 | 83,69 | 192,07 | 167,19 | -29,77 | -35,46 | |
| 48 | 7,07 | 0,00 | 5,95 | 1,46 | 1,46 | 167,19 | 166,60 | -35,46 | -36,06 | |
| 49 | 379,32 | 0,00 | 284,39 | 73,14 | 76,24 | 166,60 | 138,77 | -36,06 | -31,59 | |
| 50 | 366,10 | 0,00 | 276,90 | 71,96 | 69,57 | 138,77 | 113,62 | -31,59 | -26,04 | |
| 51 | 227,76 | 0,00 | 174,46 | 45,65 | 41,09 | 113,62 | 98,82 | -26,04 | -22,80 | |
| 52 | 103,18 | 0,00 | 80,35 | 20,92 | 18,50 | 98,82 | 92,07 | -22,80 | -22,56 | |
| 53 | 252,77 | 0,00 | 192,26 | 52,11 | 42,40 | 92,07 | 55,61 | -22,56 | -13,39 | |
| 54 | 262,55 | 0,00 | 210,77 | 58,80 | 32,10 | 55,61 | 22,44 | -13,39 | -4,58 | |
| 55 | 32,14 | 0,00 | 25,41 | 7,60 | 2,79 | 22,44 | 16,18 | -4,58 | -1,81 | |
| 56 | 72,08 | 0,00 | 64,56 | 19,53 | 0,92 | 16,18 | 3,44 | -1,81 | 1,32 | |
| 57 | 62,77 | 0,00 | 57,72 | 21,94 | 0,00 | 3,44 | -3,47 | 1,32 | 1,32 | |
| 58 | 11,79 | 0,00 | 10,57 | 6,72 | 0,00 | -3,47 | -2,30 | 1,32 | 0,47 | |
| 59 | 2,44 | 0,00 | 0,71 | 3,63 | 0,00 | -2,30 | -0,05 | 0,47 | 0,00 | |

Superficie n° 5

Analisi della superficie 5 - valori caratteristici

Numero di strisce

59

Intersezione a valle con il profilo topografico X_v[m]= 8,07

Y_v[m]= 15,24

Intersezione a monte con il profilo topografico X_m[m]= 155,35

Y_m[m]= 39,68

Geometria e caratteristiche strisce

| N° | X _s [m] | Y _{ss} [m] | Y _{si} [m] | X _d [m] | Y _{ds} [m] | Y _{di} [m] | X _g [m] | Y _g [m] | L [m] | α [°] | φ [°] | c [kPa] |
|----|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| 1 | 8,07 | 15,24 | 15,24 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 8,70 | 15,21 | 0,96 | -9,90 | 19,00 | 10 |

| N° | X _s [m] | Y _{ss} [m] | Y _{si} [m] | X _d [m] | Y _{ds} [m] | Y _{di} [m] | X _g [m] | Y _g [m] | L [m] | α [°] | φ [°] | c [kPa] |
|----|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| 2 | 9,02 | 15,32 | 15,07 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 10,84 | 15,15 | 3,04 | -9,90 | 19,00 | 10 |
| 3 | 12,01 | 15,70 | 14,55 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 12,64 | 15,15 | 1,23 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 4 | 13,24 | 15,86 | 14,48 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 14,41 | 15,21 | 2,24 | -3,30 | 19,00 | 10 |
| 5 | 15,48 | 16,14 | 14,35 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 16,05 | 15,30 | 1,14 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 6 | 16,62 | 16,29 | 14,40 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 18,27 | 15,49 | 3,23 | 2,62 | 19,00 | 10 |
| 7 | 19,85 | 16,72 | 14,55 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 21,23 | 15,81 | 2,78 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 8 | 22,61 | 17,09 | 14,89 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 23,68 | 16,15 | 2,15 | 7,11 | 19,00 | 10 |
| 9 | 24,74 | 17,47 | 15,16 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 24,86 | 16,33 | 0,23 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 10 | 24,97 | 17,51 | 15,19 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 25,31 | 16,40 | 0,67 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 11 | 25,64 | 17,64 | 15,27 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 27,85 | 16,81 | 4,34 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 12 | 29,95 | 18,51 | 15,77 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 31,75 | 17,42 | 3,57 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 13 | 33,50 | 19,18 | 16,19 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 34,37 | 17,81 | 1,74 | 6,69 | 19,00 | 10 |
| 14 | 35,23 | 19,48 | 16,39 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 35,29 | 17,94 | 0,12 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 15 | 35,35 | 19,50 | 16,40 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 36,71 | 18,11 | 2,72 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 16 | 38,06 | 19,87 | 16,67 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 39,26 | 18,39 | 2,41 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 17 | 40,46 | 20,14 | 16,90 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 41,92 | 18,67 | 2,92 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 18 | 43,37 | 20,46 | 17,18 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 44,47 | 18,95 | 2,21 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 19 | 45,57 | 20,76 | 17,40 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 47,19 | 19,29 | 3,22 | 5,57 | 19,00 | 10 |
| 20 | 48,77 | 21,29 | 17,71 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 48,82 | 19,51 | 0,09 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 21 | 48,86 | 21,31 | 17,72 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 50,77 | 19,74 | 3,81 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 22 | 52,65 | 21,82 | 18,11 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 53,75 | 20,06 | 2,21 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 23 | 54,85 | 21,98 | 18,33 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 55,41 | 20,18 | 1,14 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 24 | 55,98 | 21,98 | 18,44 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 58,45 | 20,34 | 5,10 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 25 | 61,05 | 21,98 | 18,96 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 62,09 | 20,59 | 2,08 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 26 | 63,12 | 22,26 | 19,17 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 64,22 | 20,86 | 2,20 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 27 | 65,31 | 22,62 | 19,40 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 66,51 | 21,14 | 2,41 | 5,82 | 19,00 | 10 |
| 28 | 67,71 | 22,90 | 19,64 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 68,45 | 21,37 | 1,50 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 29 | 69,20 | 23,08 | 19,84 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 70,34 | 21,63 | 2,29 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 30 | 71,47 | 23,48 | 20,14 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 73,42 | 22,16 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 31 | 75,31 | 24,36 | 20,64 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 77,26 | 22,85 | 3,87 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 32 | 79,15 | 25,23 | 21,15 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 80,38 | 23,36 | 2,47 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 33 | 81,60 | 25,59 | 21,48 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 83,33 | 23,75 | 3,49 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 34 | 85,06 | 25,99 | 21,93 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 86,07 | 24,06 | 2,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 35 | 87,09 | 26,12 | 22,20 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 88,58 | 24,27 | 3,05 | 7,53 | 19,00 | 10 |
| 36 | 90,11 | 26,16 | 22,60 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 90,62 | 24,43 | 1,05 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 37 | 91,14 | 26,17 | 22,78 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 92,19 | 24,62 | 2,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 38 | 93,25 | 26,41 | 23,14 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 93,26 | 24,78 | 0,02 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 39 | 93,27 | 26,42 | 23,14 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 95,32 | 25,24 | 4,09 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 40 | 97,30 | 27,52 | 23,83 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 99,27 | 26,16 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 41 | 101,14 | 28,75 | 24,49 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 103,10 | 27,10 | 3,90 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 42 | 104,98 | 29,98 | 25,15 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 105,54 | 27,67 | 1,14 | 9,72 | 19,00 | 10 |
| 43 | 106,10 | 30,22 | 25,34 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 106,72 | 27,92 | 1,27 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 44 | 107,34 | 30,49 | 25,62 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 108,30 | 28,22 | 1,99 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 45 | 109,28 | 30,73 | 26,05 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 111,16 | 28,61 | 3,98 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 46 | 113,16 | 30,77 | 26,92 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 114,16 | 28,97 | 2,08 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 47 | 115,19 | 30,84 | 27,37 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 118,15 | 29,73 | 6,12 | 12,58 | 19,00 | 10 |
| 48 | 121,16 | 32,02 | 28,70 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 121,21 | 30,37 | 0,11 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 49 | 121,27 | 32,04 | 28,73 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 124,26 | 31,08 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 50 | 127,28 | 33,38 | 30,18 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 130,26 | 32,47 | 6,18 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 51 | 133,28 | 34,72 | 31,63 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 135,20 | 33,62 | 3,96 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 52 | 137,13 | 35,58 | 32,56 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 138,01 | 34,29 | 1,80 | 13,58 | 19,00 | 10 |
| 53 | 138,88 | 36,05 | 32,98 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 141,09 | 35,19 | 4,76 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 54 | 143,38 | 37,27 | 34,53 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 145,97 | 36,71 | 5,58 | 18,96 | 19,00 | 10 |
| 55 | 148,66 | 38,77 | 36,34 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 149,01 | 37,69 | 0,78 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 56 | 149,37 | 38,97 | 36,67 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 150,26 | 38,11 | 2,04 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 57 | 151,22 | 39,33 | 37,54 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 152,33 | 38,74 | 2,80 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 58 | 153,76 | 39,53 | 38,72 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 154,21 | 39,25 | 1,10 | 25,04 | 19,00 | 10 |
| 59 | 154,76 | 39,62 | 39,19 | 155,35 | 39,68 | 39,68 | 154,96 | 39,50 | 0,77 | 39,62 | 19,00 | 10 |

Metodo di JANBU COMPLETO

Coefficiente di sicurezza $F_s = 2.685$

Forze applicate sulle strisce

| N° | W [kN] | Q [kN] | N [kN] | T [kN] | U [kN] | E _s [kN] | E _d [kN] | X _s [kN] | X _d [kN] | ID |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----|
| 1 | 2,23 | 0,00 | 2,95 | 3,95 | 0,00 | 0,00 | 4,40 | 0,00 | 0,00 | |
| 2 | 39,78 | 0,00 | 44,38 | 17,00 | 0,00 | 4,40 | 28,78 | 0,00 | -1,01 | |
| 3 | 29,60 | 0,00 | 33,36 | 8,87 | 0,00 | 28,78 | 39,55 | -1,01 | -4,20 | |
| 4 | 67,58 | 0,00 | 70,47 | 17,40 | 0,00 | 39,55 | 60,98 | -4,20 | -5,97 | |
| 5 | 39,88 | 0,00 | 42,83 | 9,74 | 0,00 | 60,98 | 68,75 | -5,97 | -9,31 | |
| 6 | 124,72 | 0,00 | 125,16 | 28,10 | 0,94 | 68,75 | 91,06 | -9,31 | -11,83 | |
| 7 | 115,01 | 0,00 | 111,59 | 24,67 | 5,01 | 91,06 | 101,11 | -11,83 | -15,58 | |
| 8 | 91,69 | 0,00 | 87,37 | 19,20 | 5,31 | 101,11 | 108,69 | -15,58 | -18,23 | |
| 9 | 10,19 | 0,00 | 9,08 | 2,03 | 0,72 | 108,69 | 109,56 | -18,23 | -18,01 | |
| 10 | 30,16 | 0,00 | 28,60 | 6,18 | 2,32 | 109,56 | 112,10 | -18,01 | -19,27 | |
| 11 | 211,97 | 0,00 | 187,40 | 40,20 | 23,79 | 112,10 | 127,43 | -19,27 | -21,75 | |
| 12 | 196,38 | 0,00 | 164,44 | 34,41 | 30,35 | 127,43 | 138,92 | -21,75 | -22,83 | |
| 13 | 101,76 | 0,00 | 82,57 | 17,08 | 17,78 | 138,92 | 144,20 | -22,83 | -22,73 | |
| 14 | 7,19 | 0,00 | 4,89 | 1,08 | 1,29 | 144,20 | 144,67 | -22,73 | -21,81 | |
| 15 | 165,38 | 0,00 | 132,60 | 27,15 | 30,74 | 144,67 | 155,84 | -21,81 | -21,63 | |
| 16 | 149,78 | 0,00 | 118,94 | 24,24 | 28,86 | 155,84 | 165,62 | -21,63 | -21,30 | |
| 17 | 183,72 | 0,00 | 146,92 | 29,73 | 36,03 | 165,62 | 177,47 | -21,30 | -22,56 | |
| 18 | 141,64 | 0,00 | 114,08 | 22,87 | 28,60 | 177,47 | 186,38 | -22,56 | -25,14 | |
| 19 | 215,90 | 0,00 | 170,80 | 33,88 | 46,46 | 186,38 | 199,03 | -25,14 | -28,76 | |
| 20 | 6,28 | 0,00 | 5,02 | 0,98 | 1,41 | 199,03 | 199,35 | -28,76 | -28,97 | |
| 21 | 269,30 | 0,00 | 204,16 | 40,38 | 61,75 | 199,35 | 212,56 | -28,97 | -28,30 | |
| 22 | 157,63 | 0,00 | 115,75 | 23,08 | 36,49 | 212,56 | 220,10 | -28,30 | -24,46 | |
| 23 | 78,94 | 0,00 | 55,21 | 11,31 | 17,74 | 220,10 | 223,95 | -24,46 | -19,25 | |
| 24 | 322,15 | 0,00 | 255,79 | 51,79 | 63,82 | 223,95 | 243,08 | -19,25 | -20,32 | |
| 25 | 122,26 | 0,00 | 111,55 | 22,06 | 21,49 | 243,08 | 251,54 | -20,32 | -32,65 | |
| 26 | 133,86 | 0,00 | 110,80 | 22,41 | 24,96 | 251,54 | 260,07 | -32,65 | -36,12 | |
| 27 | 150,92 | 0,00 | 116,68 | 23,95 | 29,44 | 260,07 | 269,09 | -36,12 | -32,99 | |
| 28 | 93,97 | 0,00 | 78,04 | 15,61 | 18,47 | 269,09 | 271,92 | -32,99 | -36,74 | |
| 29 | 144,97 | 0,00 | 119,96 | 23,91 | 29,04 | 271,92 | 276,11 | -36,74 | -42,62 | |
| 30 | 263,19 | 0,00 | 207,67 | 41,06 | 58,00 | 276,11 | 282,02 | -42,62 | -48,19 | |
| 31 | 291,42 | 0,00 | 216,61 | 42,21 | 71,96 | 282,02 | 286,06 | -48,19 | -48,38 | |
| 32 | 195,82 | 0,00 | 135,35 | 26,57 | 50,81 | 286,06 | 288,01 | -48,38 | -40,59 | |
| 33 | 275,83 | 0,00 | 199,05 | 38,53 | 71,39 | 288,01 | 290,78 | -40,59 | -37,92 | |
| 34 | 157,86 | 0,00 | 111,72 | 21,96 | 39,92 | 290,78 | 292,68 | -37,92 | -33,27 | |
| 35 | 219,75 | 0,00 | 161,05 | 32,00 | 51,93 | 292,68 | 296,51 | -33,27 | -28,86 | |
| 36 | 69,53 | 0,00 | 58,35 | 11,38 | 15,12 | 296,51 | 295,32 | -28,86 | -33,66 | |
| 37 | 136,42 | 0,00 | 116,72 | 22,95 | 27,98 | 295,32 | 293,49 | -33,66 | -43,74 | |
| 38 | 1,27 | 0,00 | -698,43 | -89,51 | 0,25 | 293,49 | 323,19 | -43,74 | 660,79 | |
| 39 | 272,51 | 0,00 | 927,53 | 134,20 | 59,38 | 323,19 | 288,77 | 660,79 | -62,11 | |
| 40 | 297,52 | 0,00 | 216,32 | 42,26 | 75,42 | 288,77 | 281,15 | -62,11 | -59,27 | |
| 41 | 341,45 | 0,00 | 236,51 | 44,85 | 97,27 | 281,15 | 268,98 | -59,27 | -54,39 | |
| 42 | 106,56 | 0,00 | 63,37 | 12,36 | 31,84 | 268,98 | 265,09 | -54,39 | -43,75 | |
| 43 | 118,49 | 0,00 | 80,65 | 15,08 | 35,85 | 265,09 | 254,43 | -43,75 | -42,26 | |
| 44 | 181,46 | 0,00 | 117,34 | 22,45 | 54,13 | 254,43 | 239,01 | -42,26 | -33,04 | |
| 45 | 323,41 | 0,00 | 224,04 | 43,54 | 88,41 | 239,01 | 213,47 | -33,04 | -24,06 | |
| 46 | 144,67 | 0,00 | 112,16 | 22,13 | 33,93 | 213,47 | 203,27 | -24,06 | -26,78 | |
| 47 | 393,44 | 0,00 | 312,48 | 62,86 | 83,69 | 203,27 | 178,36 | -26,78 | -33,69 | |
| 48 | 7,07 | 0,00 | 5,18 | 1,09 | 1,46 | 178,36 | 177,85 | -33,69 | -33,33 | |
| 49 | 379,32 | 0,00 | 296,18 | 61,00 | 76,24 | 177,85 | 149,71 | -33,33 | -30,33 | |
| 50 | 366,10 | 0,00 | 287,02 | 59,82 | 69,57 | 149,71 | 124,15 | -30,33 | -24,89 | |
| 51 | 227,76 | 0,00 | 180,79 | 37,94 | 41,09 | 124,15 | 108,93 | -24,89 | -21,72 | |
| 52 | 103,18 | 0,00 | 83,29 | 17,39 | 18,50 | 108,93 | 101,94 | -21,72 | -21,57 | |
| 53 | 252,77 | 0,00 | 200,70 | 43,47 | 42,40 | 101,94 | 64,06 | -21,57 | -12,83 | |
| 54 | 262,55 | 0,00 | 219,29 | 48,92 | 32,10 | 64,06 | 28,65 | -12,83 | -3,93 | |
| 55 | 32,14 | 0,00 | 27,12 | 6,40 | 2,79 | 28,65 | 21,78 | -3,93 | -1,59 | |
| 56 | 72,08 | 0,00 | 67,45 | 16,26 | 0,92 | 21,78 | 7,57 | -1,59 | 1,66 | |
| 57 | 62,77 | 0,00 | 60,97 | 18,26 | 0,00 | 7,57 | -1,69 | 1,66 | 1,46 | |
| 58 | 11,79 | 0,00 | 11,56 | 5,59 | 0,00 | -1,69 | -1,52 | 1,46 | 0,40 | |
| 59 | 2,44 | 0,00 | 1,19 | 3,01 | 0,00 | -1,52 | 0,04 | 0,40 | 0,00 | |

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

| | |
|------------|---|
| Titolo | STAP - Stabilità Pendii Terreni |
| Versione | 16.0 |
| Produttore | Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS) |
| Utente | Ing. Filandro Tiziano |
| Licenza | AIU5295RP |

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.