

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 1 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

*PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA*

## METANODOTTO

**Derivazione per Sestri Levante  
 DN 400 (16"), DP 75 bar  
 e opere connesse**

**Verifica di stabilità in versanti potenzialmente critici**

0	Emissione	Mencucci	Nisii	Palozzo	Feb.2023
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 2 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## INDICE

<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b>	<b>3</b>
1.1	Inquadramento territoriale	5
1.2	Documenti di Riferimento	6
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>SCHEDE DELLE INTERFERENZE CON LE AREE CRITICHE</b>	<b>8</b>
3.1	Area 1 da pk 9,425 a pk 9,465	8
3.1.1	Inquadramento geomorfologico	9
3.1.2	Assetto geologico – strutturale	10
3.1.3	Inquadramento idrogeologico	10
3.1.4	Indagini geognostiche	10
3.1.5	Verifiche di stabilità	10
3.1.6	Conclusioni	18
3.2	Area 2 da KP 22,225 a KP 22,525	19
3.2.1	Inquadramento geomorfologico	20
3.2.2	Assetto geologico – strutturale	20
3.2.3	Inquadramento idrogeologico	21
3.2.4	Indagini geognostiche	21
3.2.5	Conclusioni	21
3.3	Area 3 da KP 30,975 a KP 31,130	22
3.3.1	Inquadramento geomorfologico	23
3.3.2	Assetto geologico – strutturale	24
3.3.3	Inquadramento idrogeologico	24
3.3.4	Indagini geognostiche	24
3.3.5	Verifiche di stabilità	24
3.3.6	Conclusioni	28
<b>4</b>	<b>TABULATI DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ</b>	<b>32</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 3 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## 1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto denominato “Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16”), DP 75 bar e opere connesse” prevede, come intervento principale, la messa in opera di una nuova condotta DN 400 (16”) di lunghezza complessiva pari a 36,755 km che sostituirà alcuni tratti del metanodotto “Derivazione per Sestri Levante DN 400/250 (16”/10”), MOP 70 bar” attualmente in esercizio, che verrà dismesso, allo scopo di incrementare l’affidabilità e la flessibilità della rete di trasporto.

Il progetto prevede la realizzazione di alcuni tratti in sostituzione della linea esistente, che sarà dismessa e rimossa solamente in corrispondenza delle percorrenze di nuova progettazione, nonché l’adeguamento di alcune linee secondarie di vario diametro che prendono origine dalla linea principale, al fine di garantire la fornitura del servizio al bacino delle utenze presenti nell’area.

Nel complesso la nuova linea avrà la lunghezza di 36,755 km di cui 7,745 km già esistenti e 29,010 km di nuova realizzazione.

Il territorio interessato dall’opera è compreso nelle Regioni Emilia-Romagna, Comune di Albareto (PR) e Liguria, Comuni di Varese Ligure, Carro, Maissana in Provincia della Spezia e Castiglione Chiavarese, Casarza Ligure e Sestri Levante nell’ambito della Città Metropolitana di Genova.

Più in dettaglio l’intervento prevede le seguenti opere in progetto (Tab. 1.1/A) e dismissione (Tab. 1.1/B).

**Tab. 1.1/A Linea principale e linee secondarie in progetto**

Denominazione metanodotto	DN (mm)	DP (bar)	Lunghezza (km)
<b>Linea principale</b>			
Rifacimento Derivazione per Sestri Levante	400	75	36,755*
<b>Linee secondarie</b>			
Ricollegamento al Comune di Albareto	100	75	0,095
Allacciamento al Comune di Varese Ligure	100	75	0,045
Ricollegamento All. Comune di Varese Ligure	250	75	0,060
Collegamento Area Trappole ad HPRS1 Casarza Ligure	400	75	0,085
Ricollegamento a Der. per Sestri Levante	250	24	0,035
Tubazioni di servizio per Isolation System (3 linee)	50	24	0,090
Variante Torrente Petronio	250	24	0,585
Ricollegamento al Comune di Sestri Levante	200	24	0,020
Adeguamento cabina HPRS 768/A	400	24	0,045

\* di cui 7,745 km già esistenti e 29,010 km di nuova realizzazione

Oltre alle linee sopra elencate, da progetto è prevista la posa delle seguenti condotte provvisorie:

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 4 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

- “Variante Provvisoria Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10”), DP 75 bar”, in località Pezze del Comune di Casarza Ligure (GE) della lunghezza di circa 0,165 km che servirà a garantire il flusso di gas durante la realizzazione dei nuovi tratti e degli impianti in progetto e che sarà rimossa una volta che il nuovo metanodotto DN 400 sarà in esercizio;
- in corrispondenza del punto di linea PIL n. 3, in progetto, un’”Interconnessione di monte DN 250 (10”), DP 75 bar”, in località Casa Storta, Comune di Varese Ligure, della lunghezza di circa 0,010 km;
- in corrispondenza del punto di linea PIL n. 3, in progetto, un’”Interconnessione di valle DN 250 (10”), DP 75 bar”, in località Casa Storta, Comune di Varese Ligure, della lunghezza di circa 0,010 km.

Oltre alle linee in progetto si prevede la dismissione e la rimozione della linea esistente, in corrispondenza dei tratti di nuova progettazione. La dismissione riguarda pertanto 27,590 km e comporta anche l’adeguamento (rifacimento e ricollegamento) di alcune linee secondarie di vario diametro che, prendendo origine dalla linea principale, garantiscono la fornitura del servizio al bacino di utenze dell’area. Tale adeguamento si attua attraverso la contestuale realizzazione di 9 nuove linee secondarie e la dismissione di 4 tubazioni secondarie esistenti.

Inoltre, è previsto l’ampliamento dell’area trappole di Albareto con la realizzazione dell’impianto di riduzione della pressione HPRS-100 in corrispondenza del punto di partenza del tracciato, che terminerà nell’area trappole di Casarza Ligure di nuova realizzazione. In prossimità di quest’ultimo sarà realizzato anche l’impianto di riduzione della pressione HPRS-50 per consentire il “Ricollegamento alla Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10”), DP 75 bar”.

**Tab. 1.1/B Linea principale e linee secondarie in dismissione**

Denominazione metanodotto	DN (mm)	MOP (bar)	Lunghezza (km)
<b>Linea principale</b>			
Derivazione per Sestri Levante	400/250	70	27,590
<b>Linee secondarie</b>			
Allacciamento al Comune di Albareto	100	70	0,090
Allacciamento Varese Ligure	100	70	0,080
Derivazione per Sestri Levante – Variante Petronio	250	70	0,595
Allacciamento al Comune di Sestri Levante	200	70	0,020

Oltre alla costruzione delle nuove linee è prevista la realizzazione di n. 12 punti di linea in progetto:

- n. 1 punto di intercettazione di derivazione semplice (PIDS);
- n. 5 punto di intercettazione di linea (PIL) dislocati lungo la linea principale;

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 5 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

- n. 1 punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI);
- n. 1 punto di intercettazione con discaggio di allacciamento (PIDA), ubicato sulla linea secondaria All. Com. Varese Ligure;
- n. 1 area trappole di partenza con impianto di riduzione HPRS-100, Comune di Albareto (PR);
- n. 1 area trappole di arrivo, Comune di Casarza Ligure (GE);
- n. 1 impianto di riduzione della pressione HPRS-50 ubicato lungo la linea principale nel Comune di Casarza Ligure (GE);
- n. 1 ampliamento impianto HPRS 768/A nel Comune di Sestri Levante (GE);

e la dismissione di n. 6 punti di linea:

- n. 1 punto di intercettazione con discaggio di allacciamento (PIDA);
- n. 4 punti di intercettazione di linea (PIL);
- n. 1 punti di intercettazione con discaggio di allacciamento (PIDI + PIDA).

Il progetto della Derivazione per Sestri Levante DN400, in continuità con la linea esistente, si sviluppa lungo la direttrice nord-est / sud-ovest. L'intervento parte dalla Regione Emilia – Romagna, nell'Alta Val di Taro, interessando il territorio del Comune di Albareto (PR) per poi valicare la dorsale appenninica ligure, discendere lungo l'Alta Val di Vara, interessando i territori dei Comuni di Varese Ligure, Maissana e Carro afferenti alla provincia della Spezia, fino a terminare nel Genovesato, attraversando in successione il Comune di Castiglione Chiavarese e quello di Casarza Ligure e Sestri Levante, con un intervento puntuale.

## 1.1 Inquadramento territoriale

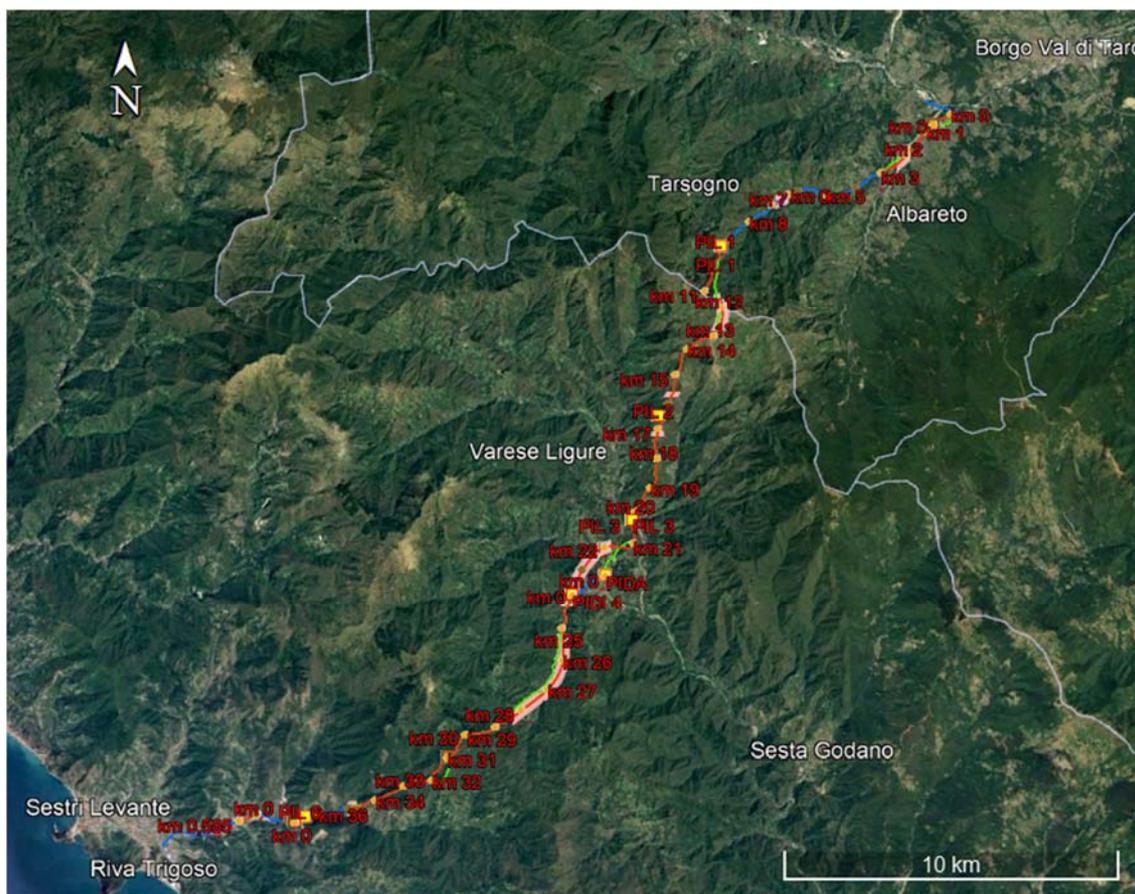
L'intervento si localizza maggiormente, nella porzione orientale della Regione Liguria, interessando i territori della Città Metropolitana di Genova e della provincia di La Spezia e la parte montana della Provincia di Parma, in Emilia Romagna, per i primi 10 km circa della condotta in progetto.

I territori attraversati presentano una morfologia prevalentemente montana con alcuni tratti di fondovalle caratterizzati da piccoli comparti agricoli prevalentemente destinati a prati e pascoli e sporadici appezzamenti ad olivo in Liguria.

In figura si riporta l'inquadramento territoriale dell'opera in progetto (Fig. 1/A).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 6 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036



**Fig. 1/A: Inquadramento territoriale dell'opera in progetto (linea continua rossa); in blu i tratti che resteranno in esercizio; in verde i tratti in dismissione**

## 1.2 Documenti di Riferimento

- |                      |                                                             |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| [1] REL-CGD-E-13022  | Relazione geologica                                         |
| [2] REL- GEO-E-13024 | Relazione geotecnica (sintesi delle indagini eseguite)      |
| [3] REL-SIS-E-13025  | Analisi areale della stabilità dei pendii                   |
| [4] REL-GEO-E-13027  | Relazione compatibilità geomorfologica aree PAI             |
| [5] REL- CI-E-13029  | Relazione idrogeologica e censimento pozzi e sorgenti       |
| [6] PG-TPSO-D-132221 | Planimetria tracciato di progetto con Indagini geognostiche |
| [7] PG-DRIF-D-13207  | Aree a pericolosità da frana (PAI e IFFI) e idraulica       |
| [8] PG-CGD-D-13208   | Geologia e Geomorfologia in scala 1:10000                   |
| [9] PG-CI-D-13209    | Carta Idrogeologia                                          |

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## 2 INTRODUZIONE

Il documento “Analisi areale della stabilità dei pendii” (REL-SIS-E-13025) ha presentato i risultati di uno studio di tipo areale eseguito su tutta la fascia di territorio interessata dal tracciato di progetto “Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16”) DP 75 bar ed opere connesse” ed ha identificato zone potenzialmente critiche dal punto di vista geomorfologico.

Tali dati sono stati poi incrociati con le informazioni contenute nei Piani di Bacino per il rischio idrogeologico che ricoprono il territorio interessato dal tracciato e con quelle contenute all’interno del Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani). Una sintesi di tali informazioni è riportata nella “Relazione compatibilità geomorfologica aree PAI” (REL-GEO-E-13027).

Lo studio effettuato mostra che le interferenze tra il tracciato del metanodotto in progetto e le aree a criticità geomorfologica sono limitate, sia in condizioni statiche (assenza di sisma), sia in presenza di sollecitazioni sismiche.

La maggior parte di queste aree sono già censite nella cartografia di riferimento (Regione Emilia-Romagna e Regione Liguria).

Tali aree sono state studiate sia per mezzo di rilevamenti geologici diretti sia attraverso la realizzazione di indagini dirette e indirette che hanno permesso poi di eseguire le verifiche di stabilità.

I capitoli successivi elencano e illustrano tali studi.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 8 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

### 3 SCHEDE DELLE INTERFERENZE CON LE AREE CRITICHE

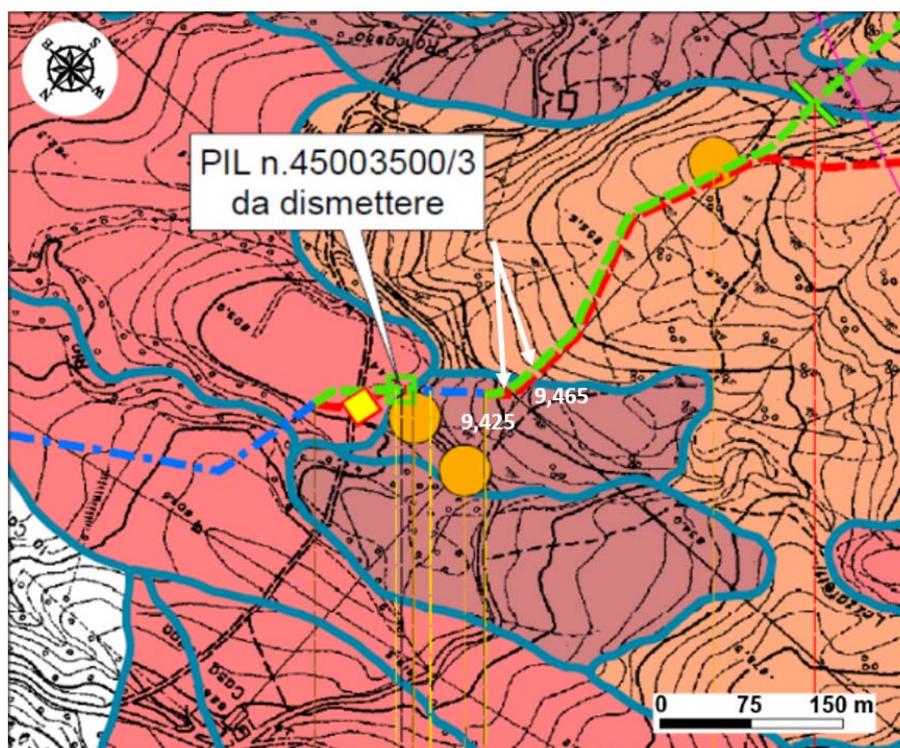
#### 3.1 Area 1 da pk 9,425 a pk 9,465

Tale area è identificata con il codice ID01 all'interno del documento "Analisi areale della stabilità dei pendii" (REL-SIS-E-13025).

La seguente scheda di dettaglio riguarda un'area P4 attraversata dai tracciati dei metanodotti Derivazione per Sestri Levante in progetto e Derivazione per Sestri Levante in dismissione, in località Pianello, nel comune di Albareto.

Le progressive degli attraversamenti sono riportate nella tabella sottostante.

Da km	A km	Lunghezza (km)
<b>Metanodotto Derivazione Sestri Levante</b>		
9,425	9,465	0,040
<b>Dismissione Metanodotto Derivazione per Sestri Levante</b>		
9,610	9,645	0,035



**Fig. 3.1/A:** Stralcio modificato dalla Carta delle aree a pericolosità da frana (PAI e IFFI) e idraulica (Dis. PG-DRIF-D-13207) a scala 1:10.000. **LEGENDA:** tracciato di progetto (linea rossa tratteggiata), tracciato in esercizio (linea blu tratteggiata), tracciato in dismissione (linea verde tratteggiata), area P4 (colore marrone), area P3 (colore rosso), area P2 (colore arancio), area IFFI (bordo blu)

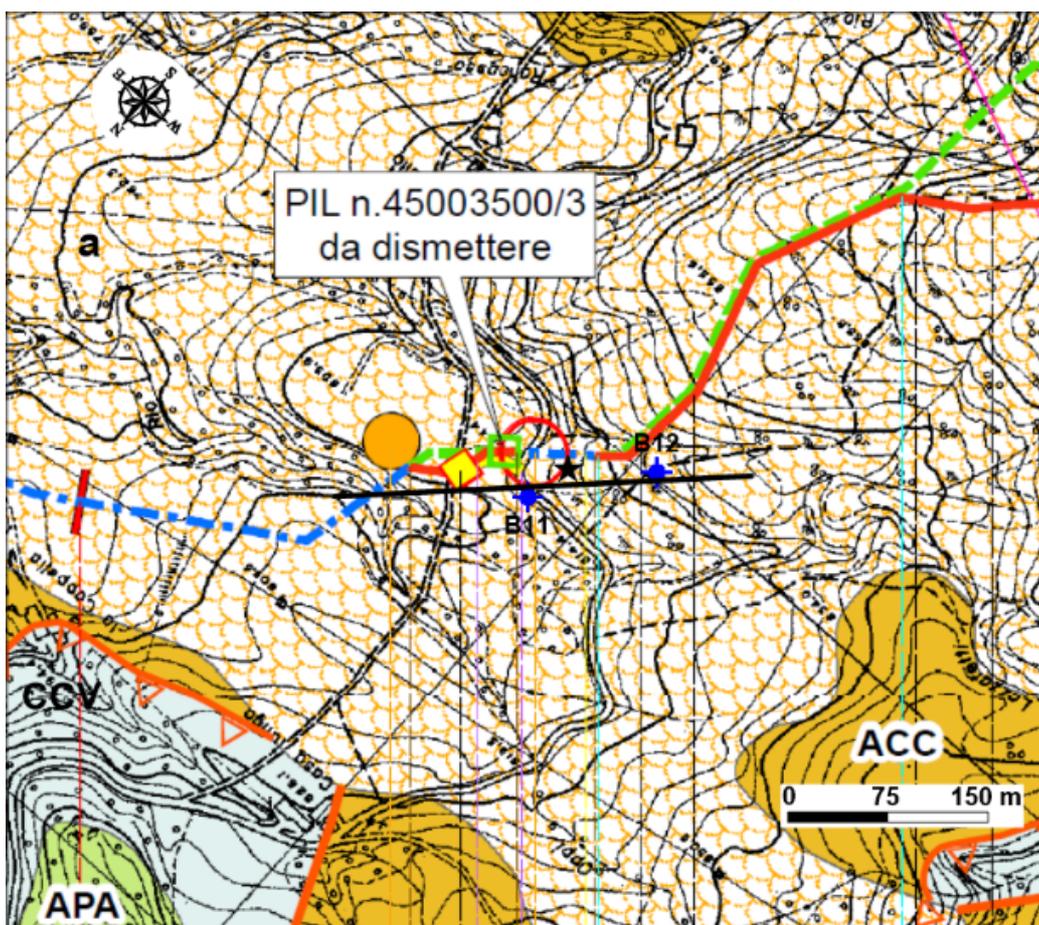
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 9 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

### 3.1.1 Inquadramento geomorfologico

L'area P4 è classificata, nella Carta Inventario delle frane dell'Emilia Romagna, come frana complessa attiva, ed appartiene anche all'inventario IFFI. L'accumulo, che occupa il tratto terminale della valle del rio Lazzaretti ed è limitata lateralmente da due incisioni torrentizie secondarie, ha una larghezza massima di circa 240 m ed una lunghezza di circa 400 m. La morfologia dell'accumulo è ondulata, con variazioni di pendenza a scala decametrica; l'acclività è mediamente compresa nell'intervallo 5°-10°.

Il metanodotto in progetto e la linea in dismissione percorrono in stretto parallelismo un tratto della dorsale che costituisce localmente il versante destro della valle del Rio Lazzaretti, nel settore orientale del corpo di frana. La morfologia della dorsale percorsa dai tracciati appare regolare; lungo il pendio non si osservano forme riferibili a movimenti gravitativi recenti, anche di modesta entità.



**Fig. 3.1/B:** Stralcio modificato dalla Carta geologico-geomorfologica (Dis. PG-CGD-D-13208) a scala 1:10.000. **LEGENDA:** Argille a palombini (APA), complesso di Casanova (CCV); Argille calcari di Canetolo (ACC), depositi di frana (a), traccia della sezione per le verifiche di stabilità (linea nera), sondaggi geognostici (B11 e B12), prova MASW (simbolo a stella).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Ugualmente la copertura boschiva non presenta indizi di instabilità (assenza di curvature significative alla base dei tronchi). Sulla strada asfaltata che collega Pianello con la S.S. n. 523 e che attraversa l'area P4 non si osservano fratture o abbassamenti della sede stradale che indichino fenomeni di instabilità recenti.

### 3.1.2 Assetto geologico – strutturale

Il substrato degli estesi depositi franosi che occupano i versanti situati a Nord del Passo Cento Croci è costituito dalle Argille e Calcari di Canetolo, affioranti sul versante sinistro del rio Lazzaretti e nell'alto corso del Rio Pradizza. Nei rari affioramenti esposti il substrato roccioso è caratterizzato da un elevato grado di fratturazione e da profonda alterazione.

### 3.1.3 Inquadramento idrogeologico

Le Argille e calcari di Canetolo sono scarsamente permeabili per fratturazione. I depositi franosi sono per contro caratterizzati da maggiore permeabilità relativa. Lungo il versante sono assenti emergenze idriche.

### 3.1.4 Indagini geognostiche

Nel deposito franoso sono stati eseguiti due sondaggi geognostici (DS-B-B11 e DS-B-B12), entrambi della profondità di 15 m. Su campioni prelevati dalle carote sono state eseguite prove di laboratorio per la definizione delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni (analisi granulometriche, limiti di Atterberg, prove di taglio, Point Load). A valle di B12, ad una decina di metri dal tracciato, è stata eseguita la prova MASW denominata DS-B-M04. I risultati delle indagini sono esaminati nel paragrafo successivo.

### 3.1.5 Verifiche di stabilità

Le condizioni di stabilità dell'area P4 sono state esaminate lungo una sezione circa parallela al tracciato di progetto, che segue il crinale della dorsale. Il profilo topografico è stato ottenuto dal rilievo LIDAR del tracciato di progetto. La traccia della sezione è riportata in fig. 3.1/B.

#### Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di riferimento è stata ricavata, sulla base dei dati forniti a livello nazionale nel sito web dell'INGV, con il software NCTSISMA (Castalia Srl).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Le coordinate geografiche decimali del centroide del sito nel sistema ED 50 sono le seguenti:

Latitudine: 44,432356; Longitudine: 9,63524

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 3.1/A. Sulla base delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 (§ 2.4), nella stima dei parametri sismici si è tenuto conto di una Vita Nominale di 50 anni (opere ordinarie) e di una Classe d'uso IV, per costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti. È stato assunto di conseguenza un periodo di riferimento,  $V_r$ , uguale a 100 anni (D. 17/01/2018, § 2.4.3).

**Tab. 3.1/A Parametri sismici**

Parametri	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento nel $V_r$	0.81	0.63	0.1	0.05
$T_r$	60 anni	100 anni	949 anni	1950 anni
$a_g$	0.0763 g	0.102 g	0.2376 g	0.2985 g
$F_o$	2.4284	2.3244	2.4512	2.4305
$T_c$	0.2453 sec	0.2579 sec	0.2796sec	0.3042 sec

Parametri sismici ottenuti per le condizioni degli stati limite del collasso (SLC), di salvaguardia della vita (SLV), del danno (SLD) e di operatività (SLO). ( $V_r$  periodo di riferimento,  $T_r$  tempo di ritorno,  $a_g$  accelerazione massima di riferimento,  $F_o$  fattore di amplificazione spettrale,  $T_c$  periodo relativo all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro).

#### Categorie di suolo e condizioni topografiche

Il profilo stratigrafico del substrato roccioso del sito è assimilabile, in base ai risultati della prova MASW DS-B-M04, ai sottosuoli compresi nella categoria B. Conseguentemente il parametro di amplificazione stratigrafica  $S_S$  è stato assunto pari al valore massimo di 1,2 (D.M. 17/01/2018, tabella 3.2.IV).

Le condizioni topografiche sono assimilabili a quelle della categoria T1 (pendii con inclinazione media inferiore a 15°). Il relativo coefficiente di amplificazione  $S_T$  è stato assunto pari all'unità (D. 17/01/2018, tabella 3.2.V).

#### Azione sismica

In assenza di analisi specifiche riguardanti la risposta sismica locale, ritenute non necessarie in questa fase del progetto, l'accelerazione massima attesa nel sito può essere calcolata (D. 17/01/2018, § 7.11.3.5.2) con la relazione:

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

che, utilizzando i parametri ottenuti nei paragrafi precedenti, fornisce per il sito i valori di  $a_{\max}$  riportati nella tabella 3.1/B.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

**Tab. 3.1/B: Valori di  $a_{max}$  ottenuti per i diversi stati limite**

	SLO	SLD	SLV	SLC
$a_{max}$	0.0916g	0.1224 g	0.2851 g	0.3582 g

Nel metodo di verifica di stabilità pseudo - statico che è stato adottato, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, i cui coefficienti sismici orizzontale e verticale possono calcolarsi secondo le relazioni:

$$k_h = \beta_s a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

in cui  $k_h$  è il coefficiente della componente orizzontale della forza,  $k_v$  il coefficiente della componente verticale e  $\beta_s$  il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa, valutato secondo i valori riportati nella tabella 7.11.I delle NTC 2018 e pari nel caso in esame a 0,20 per SLO, 0,24 per SLD e 0,28 per SLV e SLC. I valori ottenuti sono riportati nella tabella che segue.

**Tab. 3.1/C: Coefficienti sismici**

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_h$	0.0183	0.0294	0.0798	0.1002
$k_v$	0.0092	0.0147	0.0399	0.0501

Coefficienti sismici ottenuti per le condizioni degli stati limite del collasso (SLC), di salvaguardia della vita (SLV), del danno (SLD), e di operatività (SLO)

### Caratterizzazione geotecnica

L'accumulo di frana, costituito da una coltre eterometrica con prevalente frazione argillosa (intorno al 60-70%) e frazione grossolana formata da clasti da centimetrici fino a decimetrici di argilliti e calcari, è stato attraversato dal sondaggio DS-B-B11 fino a fondo foro, mentre nel sondaggio DS-B-B12 fino alla profondità di 12,9 m dal p.c.. Solo nel sondaggio DS-B-B11 è stata riscontrata la presenza della falda con un livello pari a circa 5.70 metri dal piano campagna. La coltre detritica è classificabile come terreno granulare debolmente coesivo. L'analisi granulometrica eseguita su 9 campioni rimaneggiati prelevati nei due sondaggi, indica che la frazione fine è costituita da argille inorganiche (CL nel Sistema USCS). In accordo con le indicazioni delle NTC 2018 relativamente all'analisi di stabilità delle frane (paragrafo 7.11.3.5.2.), sono stati assunti come valori caratteristici i valori medi della resistenza residua, ottenuti da 5 prove di taglio diretto, e riportati nella tabella 3.1/D.

La tabella seguente (Tab. 3.1/D) riporta sinteticamente i risultati delle analisi di laboratorio svolte sui campioni prelevati dai 2 sondaggi sopra citati:

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 13 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

**Tab. 3.1/D: Risultati analisi di laboratorio sui campioni prelevati**

ID Sondaggio	ID Campione	Profondità		CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE			LIMITI DI ATTERBERG		CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE					USCS	TAGLIO DIRETTO									ROCCHE					
		da m	a m	Peso volume $\gamma_n$ Mg/m <sup>3</sup>	% $w_h$	Peso grani $\gamma_s (-)$	LL %	IP -	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	% #200		$\phi'_{picco}$	C'	$\sigma'_1$ kPa	$\sigma'_2$ kPa	$\sigma'_3$ kPa	$\tau_1$ kPa	$\tau_2$ kPa	$\tau_3$ kPa	$\phi'_{resid}$ °	C' <sub>resid</sub> kPa	$\tau_1$ kPa	$\tau_2$ kPa	$\tau_3$ kPa	P. Load I <sub>s50</sub>	qu MPa
DS-B-B11	CR1	3,20	3,50				26,7	12,7					72,7	CL	30,4	4,1	50	100	200	34	62	122	21,8	2,9	23	43	83		
DS-B-B11	CR2	6,50	6,80				48,1	22,0					60,1	CL	28,4	2,2	50	100	200	30	56	111	17,8	2,2	18	34	66		
DS-B-B11	CL1	9,00	9,35	2,68																							3,33		
DS-B-B11	CR3	12,30	12,60				39,2	19,0					60,8	CL															
DS-B-B11	CR4	14,20	14,50				38,9	20,3					70,3	CL															
DS-B-B12	CR1	3,10	3,35				27,2	13,5					58,6	CL	30,0	2,7	50	100	200	32	60	119	20,2	0,5	19	37	75		
DS-B-B12	CR2	6,40	6,80				45,3	24,4					64,5	CL	27,5	1,6	50	100	200	27	54	106	16,8	1,6	17	31	62		
DS-B-B12	CI1	9,40	9,75	2,24	12,0		28,9	12,8					67,6	CL	30,8	4,0	100	200	300	63	124	182							
DS-B-B12	CR3	12,55	12,85				48,4	23,2					69,3	CL															
DS-B-B12	CL1	13,50	13,70	2,69																							4,09		
DS-B-B12	CR4	14,50	14,85				42,1	21,9					62,7	CL															

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 14 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Il substrato lapideo è rappresentato da argilliti e calcari, attribuibili alla formazione di Argille e Calcari di Canetolo. Al substrato, in assenza di osservazioni dirette, sono state attribuite cautelativamente le caratteristiche di resistenza della classe V (molto scadente) di Beniaowski.

**Tab. 3.1/E: Parametri geotecnici**

Parametri geotecnici	Coltre detritica	Substrato roccioso
$\gamma$	22 kN/m <sup>3</sup>	26.2 kN/m <sup>3</sup>
$c'$	1.8 kPa	100 kPa
$\varphi'$	19.2°	15°

Parametri geotecnici delle due litologie ( $\gamma$  peso di volume,  $c'$  coesione intercetta,  $\varphi'$  angolo d'attrito)

#### Calcoli di stabilità

Le verifiche della stabilità del versante sono state eseguite lungo una sezione (fig. 3.1/B), tracciata circa normalmente alla direzione di massima pendenza del pendio, in prossimità dei due sondaggi geognostici e parallelamente alla linea di progetto.

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche, si è ipotizzata la presenza di una superficie piezometrica all'interno del deposito di frana, ritenendo trascurabile la circolazione idrica nel substrato argillitico. La soggiacenza della superficie piezometrica è stata ridotta del 15% circa rispetto a quella misurata nei sondaggi geognostici, per tener conto di un possibile innalzamento della falda in periodi a maggior piovosità rispetto alla data di esecuzione delle misure (5,70 m dal p.c. in DS-B-B11 nel maggio 2022, nessun dato in DS-B-B12).

Nei calcoli, trattandosi dell'analisi di pendii naturali, ai valori caratteristici dei parametri di resistenza sono stati attribuiti coefficienti unitari, e sono state considerate "critiche" tutte le superfici con coefficiente di sicurezza  $F_s < 1.1$  sia in condizioni statiche che in presenza di sollecitazioni sismiche.

I calcoli di stabilità sono stati eseguiti applicando il metodo dell'equilibrio limite nelle versioni di Bishop, Lowe-Karafiath, Spencer e gle/Morgenstern-Price, con il programma Slide 5.0 (Rocscience Inc. - Toronto, Canada).

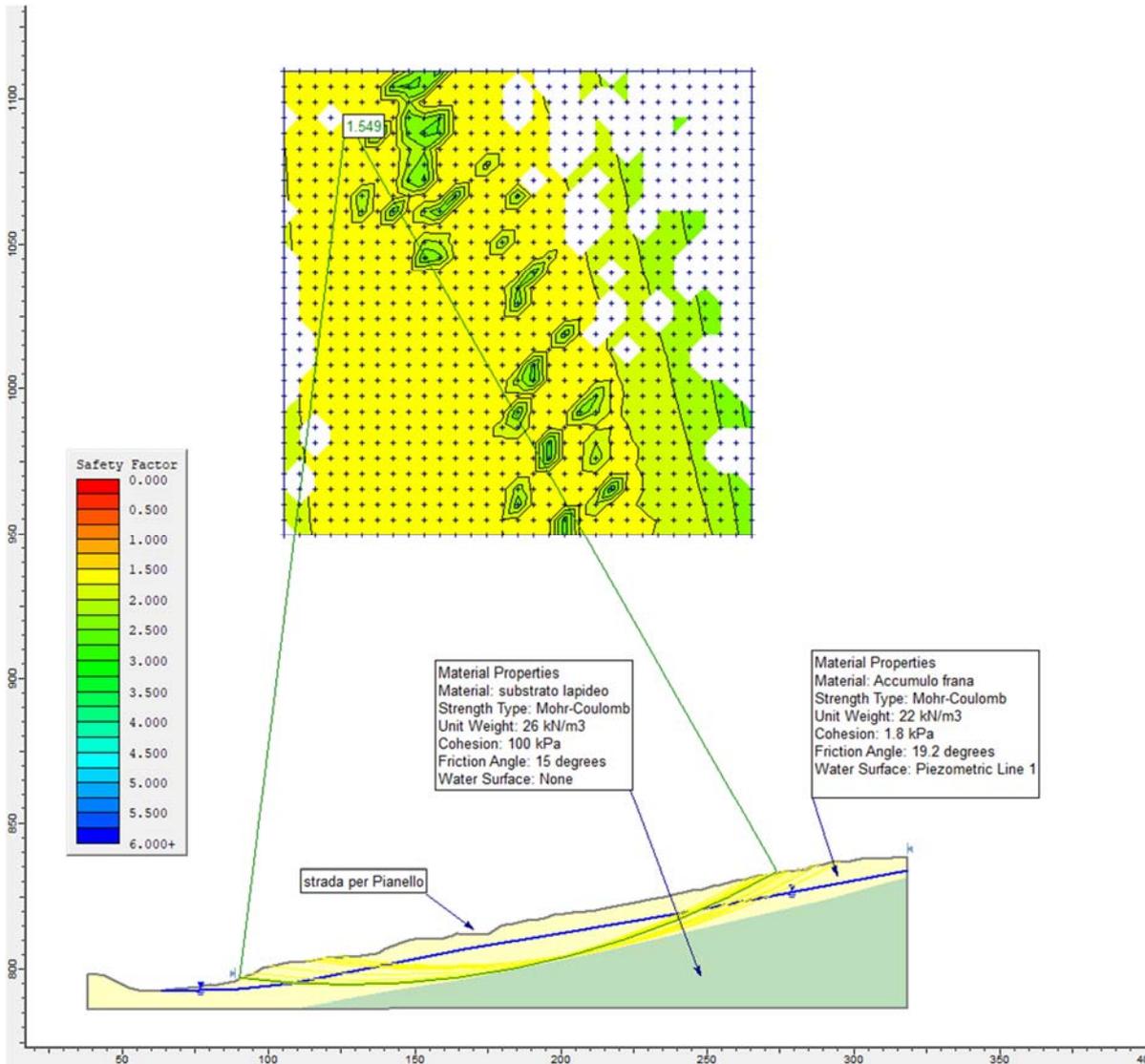
Sono state esaminate superfici di potenziale scorrimento circolari, in tre casi differenti: in assenza di sollecitazioni sismiche, in presenza di sollecitazioni sismiche con  $k_v$  rivolto verso il basso e con  $k_v$  rivolto verso l'alto. L'azione sismica è stata simulata con il metodo pseudo - statico, per mezzo di un'azione statica equivalente, calcolata con i coefficienti sismici verticali e orizzontali di SLV della tabella 3.1/C.

I calcoli sono stati eseguiti su oltre 4800 superfici circolari, distribuite sull'intera sezione considerata. I valori dei fattori di sicurezza sono rappresentati nelle figure 3.1/C, 3.1/D e 3.1/E con aree di diverso colore all'interno della superficie quadrangolare che racchiude i centri dei cerchi di scorrimento. Sono riprodotte le 25 superfici di scorrimento caratterizzate dai fattori di sicurezza più bassi, e riportato il fattore di sicurezza minimo calcolato con il metodo di – Bishop. La tabella 3.1/F riporta e mette a confronto i risultati ottenuti con le versioni di Lowe-Karafiath, Spencer e Morgenstern-Price.

In allegato si riportano i tabulati di calcolo, con i risultati relativi a tutti i metodi utilizzati.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 15 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

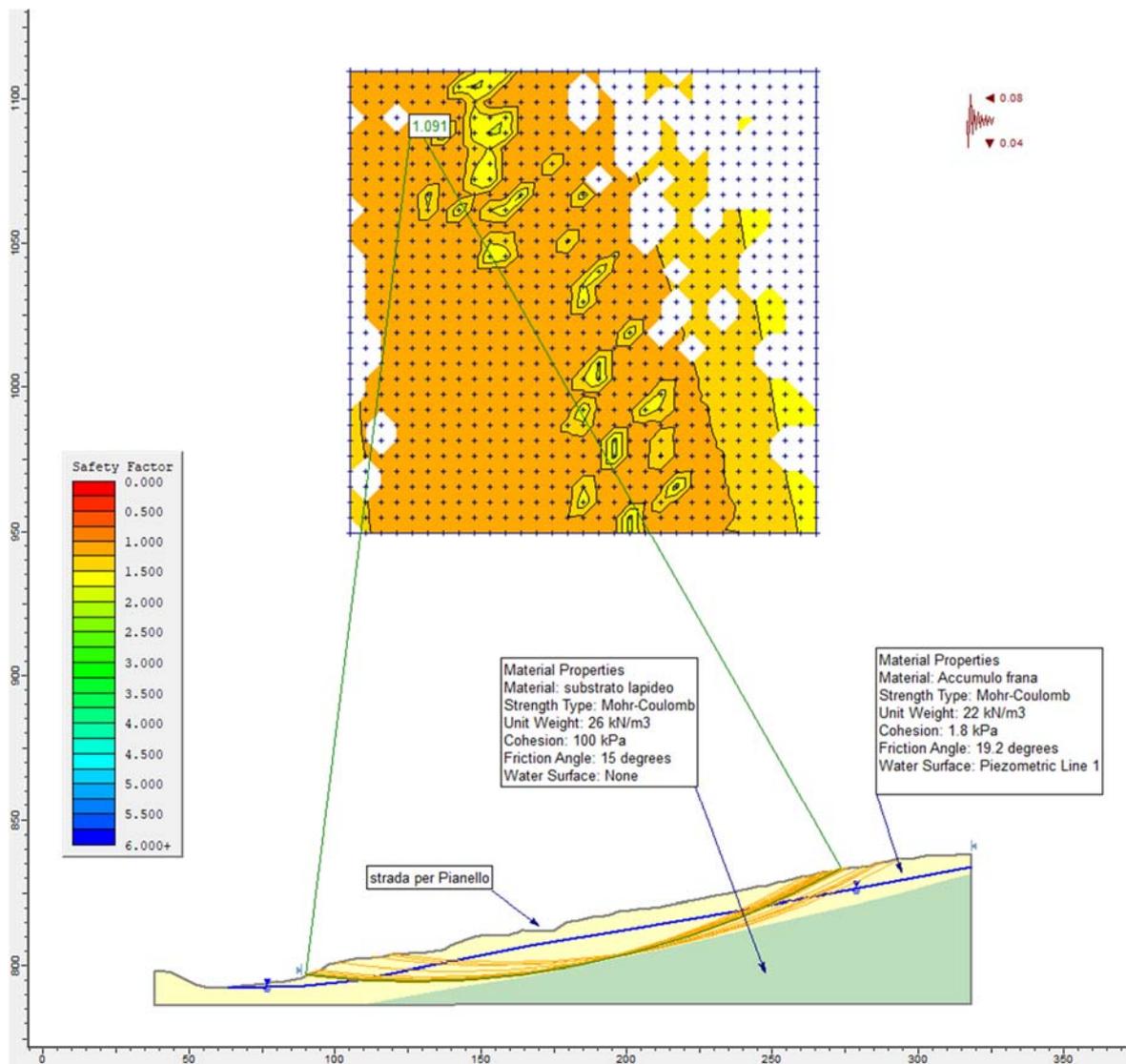
Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036



**Fig. 3.1/C: Verifica di stabilità in condizioni statiche. Legenda: Substrato roccioso di argillocisti (verde), coltre detritica di frana (giallo), superficie piezometrica (linea blu).**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 16 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

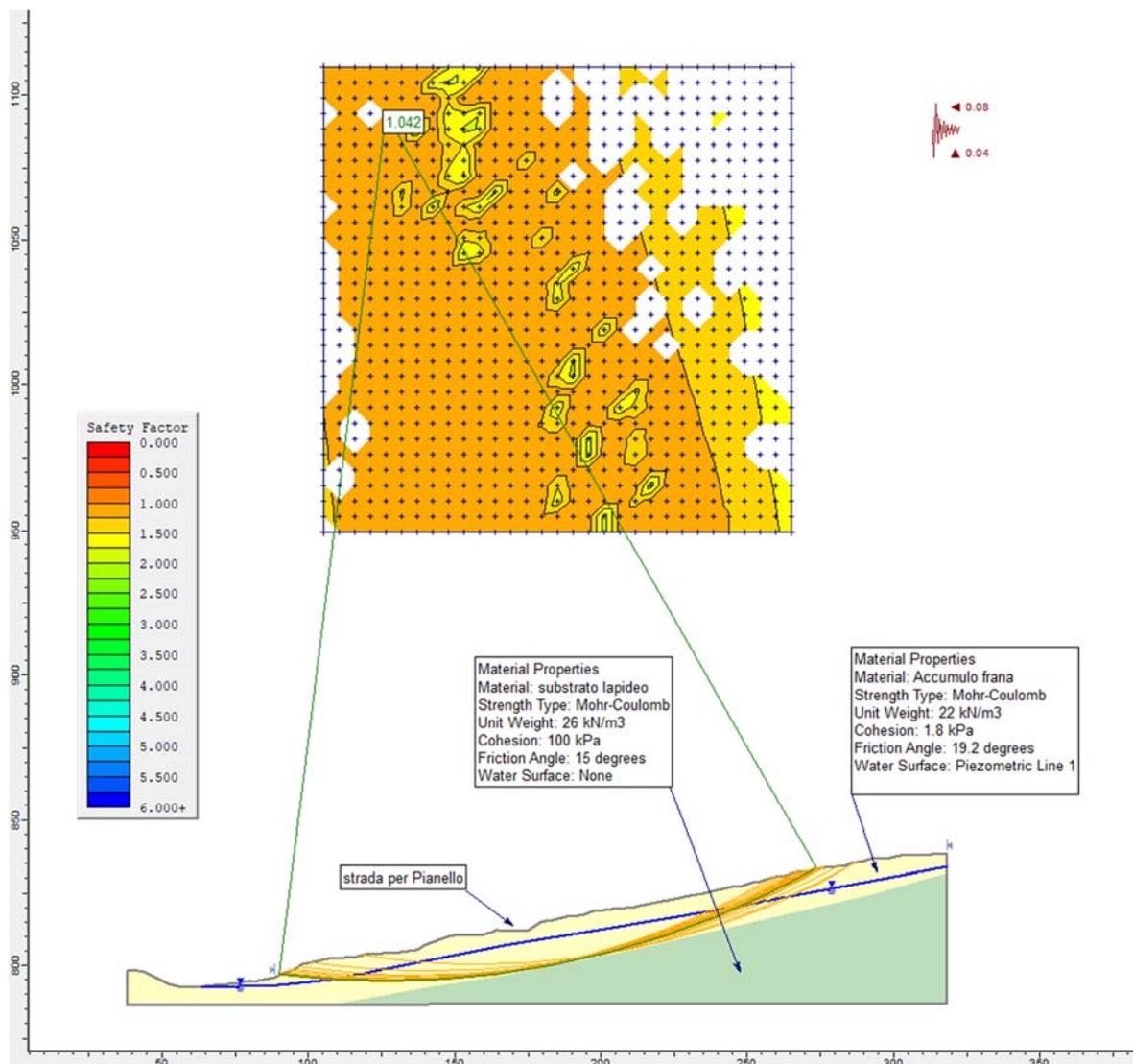
Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036



**Fig. 3.1/D: Verifica di stabilità in condizioni sismiche con kv rivolto verso il basso. Legenda: Substrato roccioso di argilloscisti (verde), coltre detritica di frana (giallo), superficie piezometrica (linea blu).**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 17 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036



**Fig. 3.1/E:** Verifica di stabilità in condizioni sismiche con kv rivolto verso l'alto. **Legenda:** Substrato roccioso di argilloscisti (verde), coltre detritica di frana (giallo), superficie piezometrica (linea blu).

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella sottostante:

**Tab. 3.1/F:** Risultati ottenuti con le versioni di Lowe-Karafiath, Spencer e Morgenstern-Price

Metodi di calcolo	Condizioni statiche	Condizioni dinamiche kv verso l'alto	Condizioni dinamiche kv verso il basso
Bishop	1,549	1,091	1,042
Spencer	1,549	1,094	1,045
Lowe-Karafiath	1,550	1,085	1,037
Morgenstern -Price	1,551	1,092	1,044

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 18 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Mentre in condizioni statiche i coefficienti di sicurezza sono ampiamente superiori al limite previsto dalla normativa, in condizioni sismiche i valori calcolati sono sostanzialmente pari ad 1,1 con kv rivolto verso il basso, di qualche per cento inferiori ad 1,1 con kv rivolto verso l'alto.

### 3.4.6 Conclusioni

I tracciati di progetto ed in dismissione attraversano l'area P4 per una breve lunghezza (intorno ad una quarantina di metri) in una posizione marginale, verso il limite SE dell'accumulo di frana. Nella dorsale percorsa dai tracciati e lungo la strada asfaltata sottostante sono assenti indizi riconducibili a movimenti gravitativi attuali o recenti. Dalle verifiche di stabilità si sono ricavati coefficienti di sicurezza ampiamente superiori ad 1,1 in assenza di sollecitazioni sismiche, intorno o poco inferiori ad 1,1 in condizioni sismiche. Le caratteristiche geologico-geomorfologiche rilevate e i risultati delle verifiche di stabilità indicano uno stato di quiescenza e stabilità del settore, peraltro marginale, dell'accumulo franoso. Tenuto anche conto della modesta lunghezza dell'attraversamento del corpo di frana si può ritenere che l'intervento sia pienamente compatibile con l'assetto geologico-geomorfologico dell'area.



**Fig. 3.1/G: Attraversamento dell'area P4. In rosso la linea principale in progetto, in verde a tratto il Metanodotto Derivazione per Sestri Levante in dismissione**

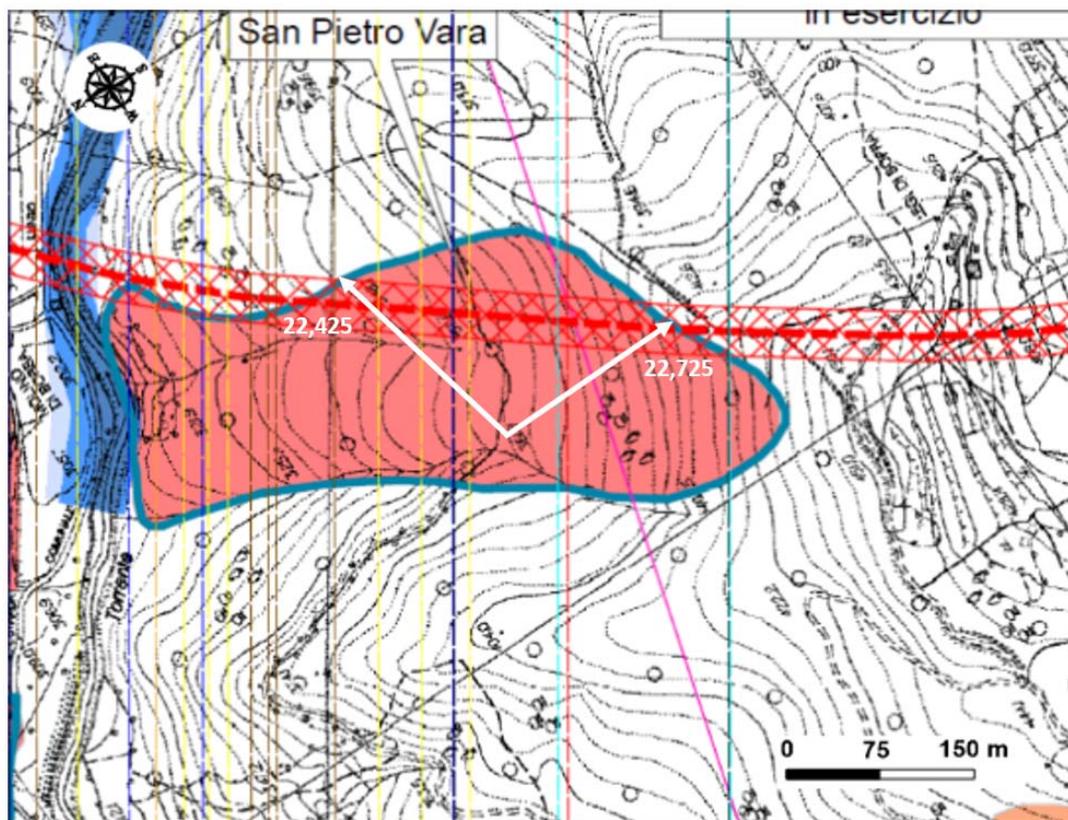
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 19 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

### 3.2 Area 2 da KP 22,225 a KP 22,525

Tale area è identificata con il codice ID02 all'interno del documento "Analisi areale della stabilità dei pendii" (REL-SIS-E-13025). In questa zona il tracciato di progetto è situato in trenchless ad una profondità rilevante, compresa tra i 47 e i 125 metri dal piano campagna, che non determina alcuna interferenza con l'area P3 che si trova in superficie. L'areale della P3, infatti, interessa, come viene descritto successivamente, pochi metri di coltre. Per tale motivo non è stata eseguita alcuna verifica di stabilità, ma sono state effettuate osservazioni di dettaglio per la descrizione dell'area. La seguente scheda, quindi, riguarda un tratto di un'area P3 attraversata dal tracciato del metanodotto Derivazione per Sestri Levante in progetto nel versante sinistro della valle del Borsa, in prossimità della confluenza con il Vara, nel comune di Maissana. Le progressive dell'attraversamento sono riportate nella tabella sottostante.

Da km	A km	Lunghezza (km)
<b>Metanodotto Derivazione Sestri Levante</b>		
22,425	22,725	0,300



**Fig. 3.2/A:** Stralcio modificato dalla Carta delle aree a pericolosità da frana (PAI e IFFI) e idraulica (Dis. PG-DRIF-D-13207), scala 1:10.000. **LEGENDA:** Microtunnel San Pietro Vara (quadrettato rosso), area P3 (colore rosso), area P2 (colore arancio), area IFFI (bordo blu), aree a pericolosità idraulica nel fondovalle (colore blu-azzurro).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 20 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

### 3.2.1 Inquadramento geomorfologico

L'area P3, classificata come frana quiescente o coltre potente assimilabile, secondo la cartografia della pericolosità geomorfologica dell'Autorità di bacino del fiume Magra, è anche compresa nell'inventario IFFI, in cui è interpretata come colamento lento quiescente. Il deposito franoso è situato nel settore centrale di un ampio impluvio appartenente al versante destro della valle del Borsa, in prossimità della sua confluenza con il Vara. Il corpo di frana, di forma allungata, ha una lunghezza di oltre 500 m ed una larghezza media di circa 150 m. La morfologia del deposito detritico è caratterizzata, nel settore inferiore, da bassa acclività e dalla presenza di ondulazioni ad ampio raggio di curvatura e da acclività elevata nel settore superiore. Non si osservano indizi di attività recente.

Dai dati raccolti l'area P3 appare quindi compatibile con la classificazione di deposito di frana quiescente.

### 3.2.2 Assetto geologico – strutturale

Il substrato del corpo di frana è costituito in gran parte dalla Formazione di Tavarone, costituita localmente da argilliti con subordinate intercalazioni di arenarie fini. La Formazione di Tavarone sovrascorre sulle Argille a palombini, che formano il piede del versante della valle del Borsa.

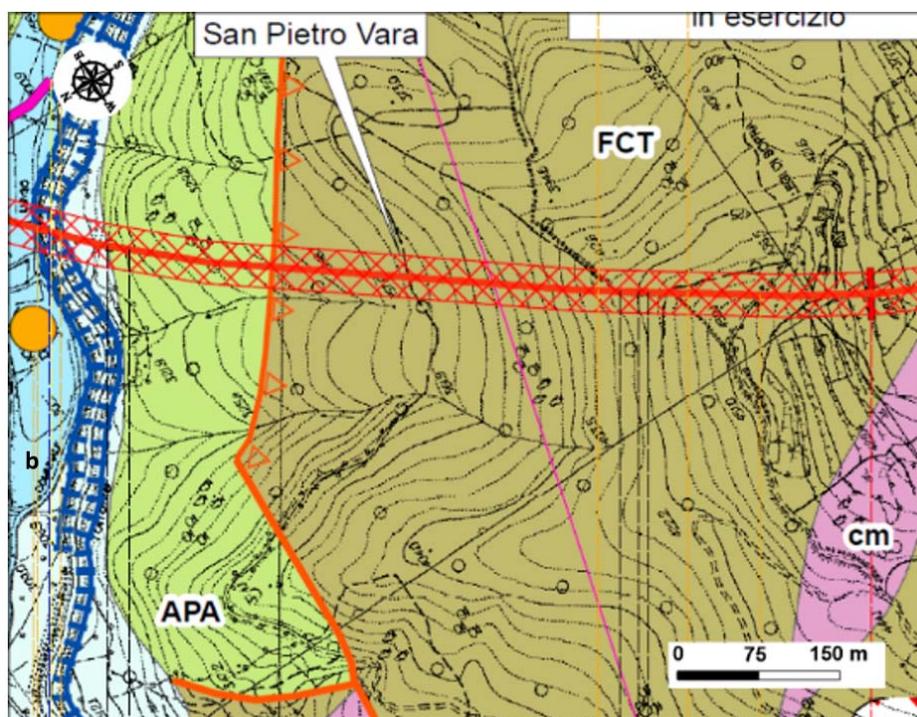


Fig. 3.2/B: Stralcio modificato dalla Carta geologico-geomorfologica (Dis. PG-CGD-D-13208) a scala 1:10.000. LEGENDA: Formazione di Tavarone (fct), Argille a palombini (apa), olistoliti di calcari marnosi (cm), depositi alluvionali (b), orli di terrazzo fluviale (linea dentellata blu), sondaggi geognostici (B35)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 21 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

### 3.2.3 Inquadramento idrogeologico

Le Argille a palombini e la Formazione di Tavarone sono scarsamente permeabili per fratturazione, mentre per l'accumulo di frana è ipotizzabile un grado di permeabilità relativa superiore. All'interno del corpo di frana sono assenti emergenze idriche significative.

### 3.2.4 Indagini geognostiche

All'interno dell'area P3 è stato eseguito il sondaggio geognostico B35, della lunghezza di 35 metri. L'accumulo di frana è costituito da livelli argilloso-limosi con clasti sub-angolari; il livello basale è formato da ghiaie in matrice limosa. Lo spessore complessivo è di circa 7 metri. L'accumulo di frana poggia su una sequenza di argilliti e siltiti della Formazione di Tavarone.

### 3.2.5 Conclusioni

Il metanodotto in progetto attraversa l'area P3 in sottterraneo, con il microtunnel San Pietro Vara, ad una profondità variabile e notevole, compresa tra i 47 metri circa e i 125 metri al di sotto del piano campagna (oltre 60 metri al di sotto del sondaggio B35). Si può quindi del tutto escludere che l'opera possa interferire con l'accumulo detritico, tenuto conto che per la frana di colamento dell'area P3 la superficie di scorrimento si situa verosimilmente ad una profondità inferiore alla decina di metri dal piano campagna.



**Fig. 3.2/C: Settore centrale del corpo di frana (sentiero a quota 360 m s.l.m. circa).**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 22 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

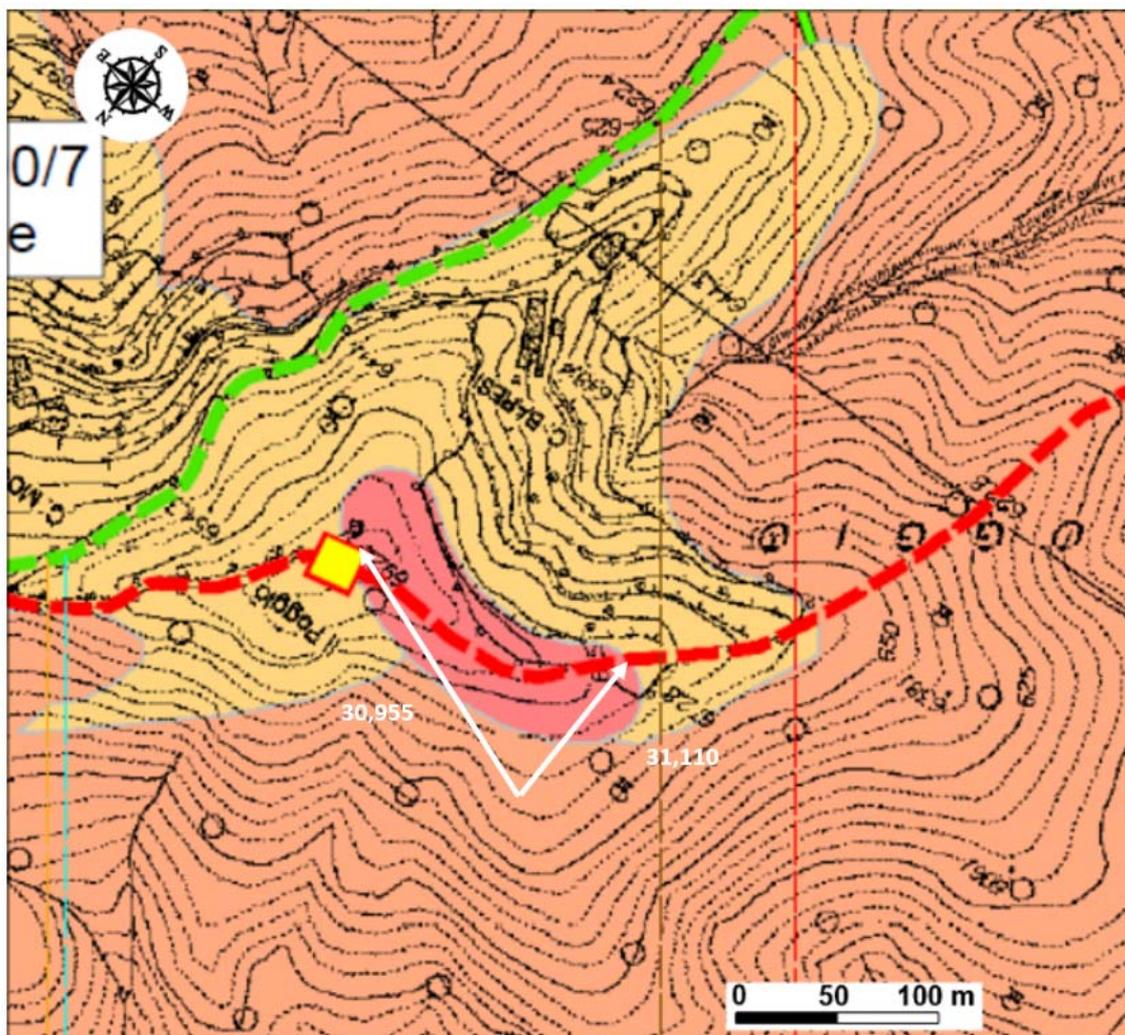
### 3.3 Area 3 da KP 30,975 a KP 31,130

Tale area è identificata con il codice ID03 all'interno del documento "Analisi areale della stabilità dei pendii" (REL-SIS-E-13025).

La seguente scheda riguarda un tratto di un'area P3 attraversata dal tracciato del metanodotto Rifacimento Derivazione per Sestri Levante in progetto, in località Il Poggio, nel comune di Castiglione Chiavarese.

Le progressive degli attraversamenti sono riportate nella tabella sottostante.

Da km	A km	Lunghezza (km)
<b>Metanodotto Derivazione Sestri Levante</b>		
30,955	31,110	0,155



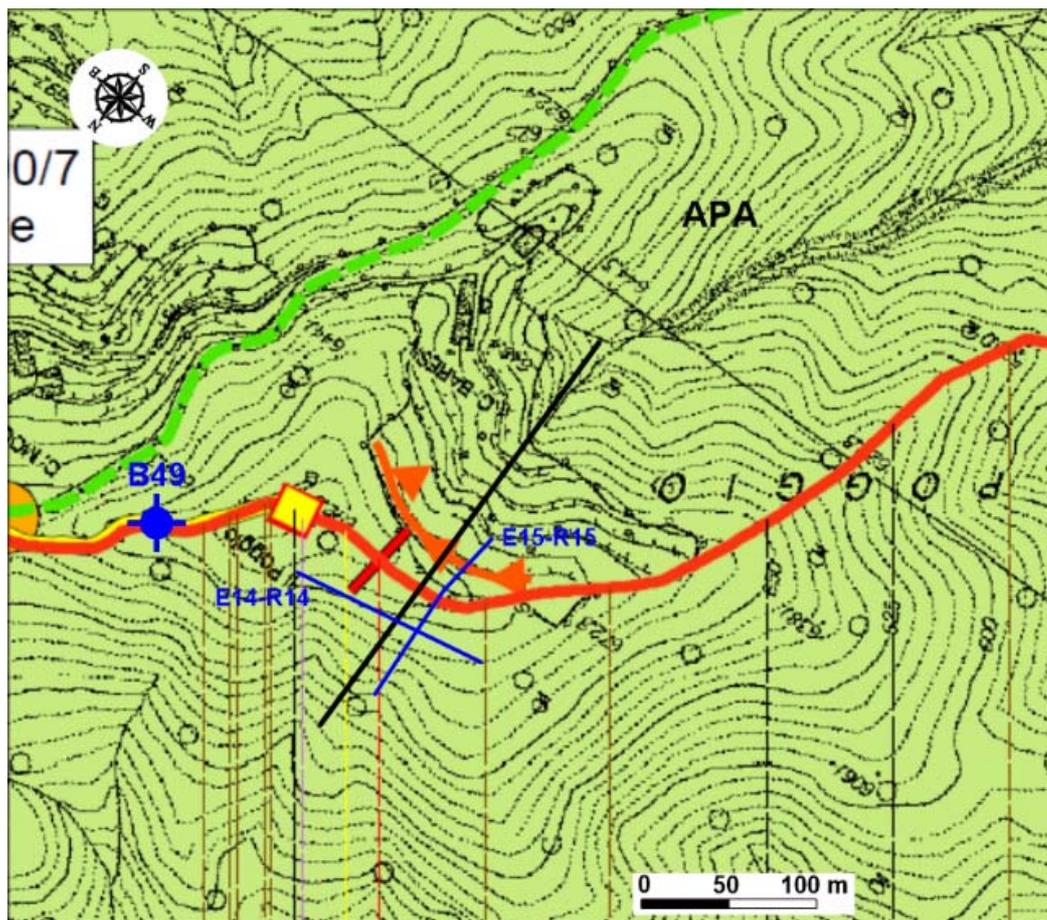
**Fig. 3.3/A:** Stralcio modificato dalla Carta delle aree a pericolosità da frana (PAI e IFFI) e idraulica (Dis. PG-DRIF-D-13207), scala 1:10.000. **LEGENDA:** tracciato di progetto (linea rossa tratteggiata), tracciato in dismissione (linea verde tratteggiata), area P3 (colore rosso), area P2 (colore arancio) area P1 (colore giallo).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 23 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

### 3.3.1 Inquadramento geomorfologico

Il metanodotto in progetto percorre, in prossimità del crinale, il rilievo de Il Poggio, appartenente alla dorsale Monte Bastia – Monte Frascati, che separa la valle del torrente Petronio dalla valle del rio Frascaiese. La carta geomorfologica del Piano di Bacino dell'Ambito 17 individua nel versante Sud una nicchia di distacco attiva, attribuita a fenomeni di crollo-ribaltamento. L'area non fa parte dell'inventario IFFI. Lungo il crinale non si osservano fratture di trazione e/o abbassamenti che indichino movimenti recenti. Il versante Sud de Il Poggio ha un'accentuata forma ad impluvio, con pendenze intorno a 25° nel settore superiore, più elevate nel settore inferiore (fino a 35°), ed è terrazzato. Il versante Nord, ad acclività sostanzialmente analoga (intorno a 25°-30°), è solcato da blande incisioni erosive, che si attenuano nei pressi del crinale. Lungo il versante Nord non si osservano forme riferibili a movimenti gravitativi anche di modesta entità.



**Fig. 3.3/B:** Stralcio modificato dalla Carta geologico-geomorfologica (Dis. PG-CGD-D-13208) a scala 1:10.000. **LEGENDA:** Argille a palombini (APA), nicchia di distacco (linea rossa con triangoli), traccia del profilo utilizzato per le analisi di stabilità (linea nera), indagini geofisiche (linee blu), sondaggio geognostico (B49).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 24 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

### 3.3.2 Assetto geologico – strutturale

Il rilievo del M. Bastia – Il Poggio è costituito da sequenze delle Argille a palombini. L'assetto strutturale non è riconoscibile nell'area del crinale, per assenza di affioramenti; i dati del foglio CARG indicano per la dorsale M. Bastia – Il Poggio un andamento NE-SO con immersione verso SE, che implicherebbe condizioni a reggipoggio – traversopoggio nel versante Nord della dorsale e traversopoggio nel versante Sud-Ovest.

### 3.3.3 Inquadramento idrogeologico

Le Argille a palombini sono scarsamente permeabili per fratturazione. Lungo il versante sono assenti emergenze idriche.

### 3.3.4 Indagini geognostiche

Il sondaggio geognostico B49 (della profondità di 10 m) è stato eseguito ad un centinaio di metri di distanza dal limite dell'area P3 (fig. 4.3/B). Sono state esaminate inoltre vecchie carote ricavate da sondaggi eseguiti nel rilievo del M. Crosa per la costruzione dei serbatoi dell'acquedotto pubblico, internamente all'area P3.

Lungo il crinale e trasversalmente a questo sono stati eseguiti 2 profili sismici a rifrazione in onde P, e due profili geoelettrici. Per la descrizione delle caratteristiche operative dell'indagine sismica e geoelettrica (metodi di acquisizione ed elaborazione dati) si rimanda al documento "Relazione geotecnica (sintesi delle indagini eseguite" (REL- GEO-E-13024). I risultati delle indagini sono esaminati nel paragrafo seguente.

### 3.3.5 Verifiche di stabilità

La sezione rappresentativa delle condizioni di stabilità dell'area P3, la cui traccia è riportata in fig. 3.3/B, sono stata ottenute dal rilievo LIDAR del tracciato di progetto.

#### Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di riferimento è stata ricavata, sulla base dei dati forniti a livello nazionale nel sito web dell'INGV, con il software NCTISISMA (Castalia Srl).

Le coordinate geografiche decimali del centroide del sito nel sistema ED 50 sono le seguenti:

Latitudine: 44,290199; Longitudine: 9,532678

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 25 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 3.3/A. Sulla base delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 (§ 2.4), nella stima dei parametri sismici si è tenuto conto di una Vita Nominale di 50 anni (opere ordinarie) e di una Classe d'uso IV, per costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti. È stato assunto di conseguenza un periodo di riferimento,  $V_r$ , uguale a 100 anni (D. 17/01/2018, § 2.4.3).

**Tab. 3.3/A: Parametri sismici.**

Parametri	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento nel $V_r$	0.81	0.63	0.1	0.05
$T_r$	60 anni	100 anni	949 anni	1950 anni
$a_g$	0.0541 g	0.0670g	0.1630g	0.2051g
$F_o$	2.4891	2.499	2.3822	2.3868
$T_c$	0.2471 sec	0.26sec	0.2899ec	0.2988 sec

Parametri sismici ottenuti per le condizioni degli stati limite del collasso (SLC), di salvaguardia della vita (SLV), del danno (SLD) e di operatività (SLO). ( $V_r$  periodo di riferimento,  $T_r$  tempo di ritorno,  $a_g$  accelerazione massima di riferimento,  $F_o$  fattore di amplificazione spettrale,  $T_c$  periodo relativo all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro)

#### Categorie di suolo e condizioni topografiche

Il profilo stratigrafico del substrato roccioso del sito è conservativamente assimilabile, in assenza di indagini geofisiche specifiche, ai sottosuoli compresi nella categoria B, per la quale il parametro di amplificazione stratigrafica  $S_s$  vale 1,20 (D. 17/01/2018, Tabella 3.2.IV).

Le condizioni topografiche sono assimilabili a quelle della categoria T3 (cresta di un rilievo con inclinazione media inferiore od uguale a 30°). Il relativo coefficiente di amplificazione  $S_T$  (D. 17/01/2018, tabella 3.2.V) ha un valore pari a 1,20.

#### Azione sismica

In assenza di analisi specifiche riguardanti la risposta sismica locale, ritenute non necessarie in questa fase del progetto, l'accelerazione massima attesa nel sito può essere calcolata (D. 17/01/2018, § 7.11.3.5.2) con la relazione:

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

che, utilizzando i parametri ottenuti nei paragrafi precedenti, fornisce per il sito i valori di  $a_{max}$  riportati nella tabella 3.3/B.

**Tab. 3.3/B: Valori di  $a_{max}$  ottenuti per i diversi stati limite**

	SLO	SLD	SLV	SLC
$a_{max}$	0.0779 g	0.0964 g	0.2347 g	0.2953g

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 26 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Nel metodo di verifica di stabilità pseudo - statico che è stato adottato, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, i cui coefficienti sismici orizzontale e verticale possono calcolarsi secondo le relazioni:

$$k_h = \beta_s a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

in cui  $k_h$  è il coefficiente della componente orizzontale della forza,  $k_v$  il coefficiente della componente verticale e  $\beta_s$  il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa, valutato secondo i valori riportati nella tabella 7.11.I delle NTC 2018 e pari nel caso attuale a 0.20 per SLO e SLD, e 0,28 per SLV e SLC. I valori ottenuti sono riportati nella tabella che segue:

**Tab. 3.3/C: Coefficienti sismici.**

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_h$	0.0155	0.0192	0.0657	0.0826
$k_v$	0.0078	0.0096	0.0329	0.0413

Coefficienti sismici ottenuti per le condizioni degli stati limite del collasso (SLC), di salvaguardia della vita (SLV), del danno (SLD), e di operatività (SLO)

### Caratterizzazione geotecnica

Nella stratigrafia del sondaggio DS-B-B49 si riconosce un livello superficiale, di alterazione del substrato lapideo, dello spessore di circa 2,7 m, che ricopre una sequenza di argilliti e siltiti con grado di fratturazione da medio a elevato, fino a fondo foro.

I risultati delle indagini geofisiche indicano che, al di sotto della copertura detritica di spessore metrico, nel substrato lapideo si distingue un livello superficiale, allentato, dello spessore di circa 6-7 m in media, ed un livello più profondo di migliori caratteristiche geomeccaniche.

La stima dei parametri geotecnici del substrato roccioso è stata eseguita sulla base dei sondaggi geognostici, utilizzando la classificazione di Bieniawski.

**Tab. 3.3/D: Classificazione RMR (indice RMRb) dell'ammasso roccioso.**

Parametri	Valore	Rating
Resistenza alla compressione mono-assiale	25-50 Mpa	4
RQD	<25%	3
Spaziatura delle discontinuità	<6 cm	5
Condizioni delle discontinuità		10
Condizioni idrauliche	Drenate	15
INDICE BRMR		37
Classe		IV scadente
Coesione (kPa)		185
angolo d'attrito (°)		23,5

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 27 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

I parametri ottenuti con la classificazione di Bieniawski basata sull'osservazione delle carote dei sondaggi, sono stati attribuiti al livello profondo dell'ammasso roccioso; al livello allentato sono stati attribuiti parametri più conservativi rispetto a quelli calcolati nella tabella 3.3/D, riportati nella tabella sottostante.

**Tab. 3.3/E: Parametri geotecnici delle due litologie.**

Parametri geotecnici	Substrato roccioso allentato	Substrato roccioso profondo
$\gamma$	25 kN/m <sup>3</sup>	25 kN/m <sup>3</sup>
$c'$	90 kPa	185 kPa
$\varphi'$	20°	23.5°

#### Calcoli di stabilità

Le verifiche della stabilità del versante Sud Ovest che scende verso il rio Baresi sono state eseguite lungo una sezione (fig. 3.3/C), tracciata circa normalmente alla direzione di massima pendenza del pendio

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche, si sono ipotizzate condizioni drenate, ritenendo trascurabile la circolazione idrica nel substrato argillitico, sia allentato che profondo.

Nei calcoli, trattandosi dell'analisi di pendii naturali, come valori caratteristici dei parametri di resistenza sono stati adottati i valori della resistenza ottenuti dalla classificazione di Beniawski, con coefficienti unitari, e sono da considerare "critiche" tutte le superfici con coefficiente di sicurezza  $F_s < 1.1$  sia in condizioni statiche che in presenza di sollecitazioni sismiche.

I calcoli di stabilità sono stati eseguiti applicando il metodo dell'equilibrio limite nelle versioni di Bishop, Lowe-Karafiath, Spencer e gle/Morgenstern-Price, con il programma Slide 5.0 (Rocscience Inc. - Toronto, Canada).

Sono state esaminate superfici di potenziale scorrimento circolari, in presenza di sollecitazioni sismiche, con kv rivolto sia verso il basso sia verso l'alto. L'azione sismica è stata simulata con il metodo pseudo - statico, per mezzo di un'azione statica equivalente, calcolata con i coefficienti sismici verticali e orizzontali di SLV della tabella 3.3/C.

I calcoli sono stati eseguiti su oltre 4800 superfici circolari, distribuite sull'intera sezione considerata. I valori dei fattori di sicurezza sono rappresentati in figura 3.3/C, fig. 3.3/D e fig. 3.3/E con aree di diverso colore all'interno della superficie quadrangolare che racchiude i centri dei cerchi di scorrimento. Sono riprodotte le 25 superfici di scorrimento caratterizzate dai fattori di sicurezza più bassi, e riportato il fattore di sicurezza minimo calcolato con il metodo di Bishop. In allegato si riportano i tabulati di calcolo. I risultati ottenuti indicano, per tutte le superfici che intersecano il versante e per tutti i metodi di calcolo impiegati, coefficienti di sicurezza superiori al limite di 1,1.

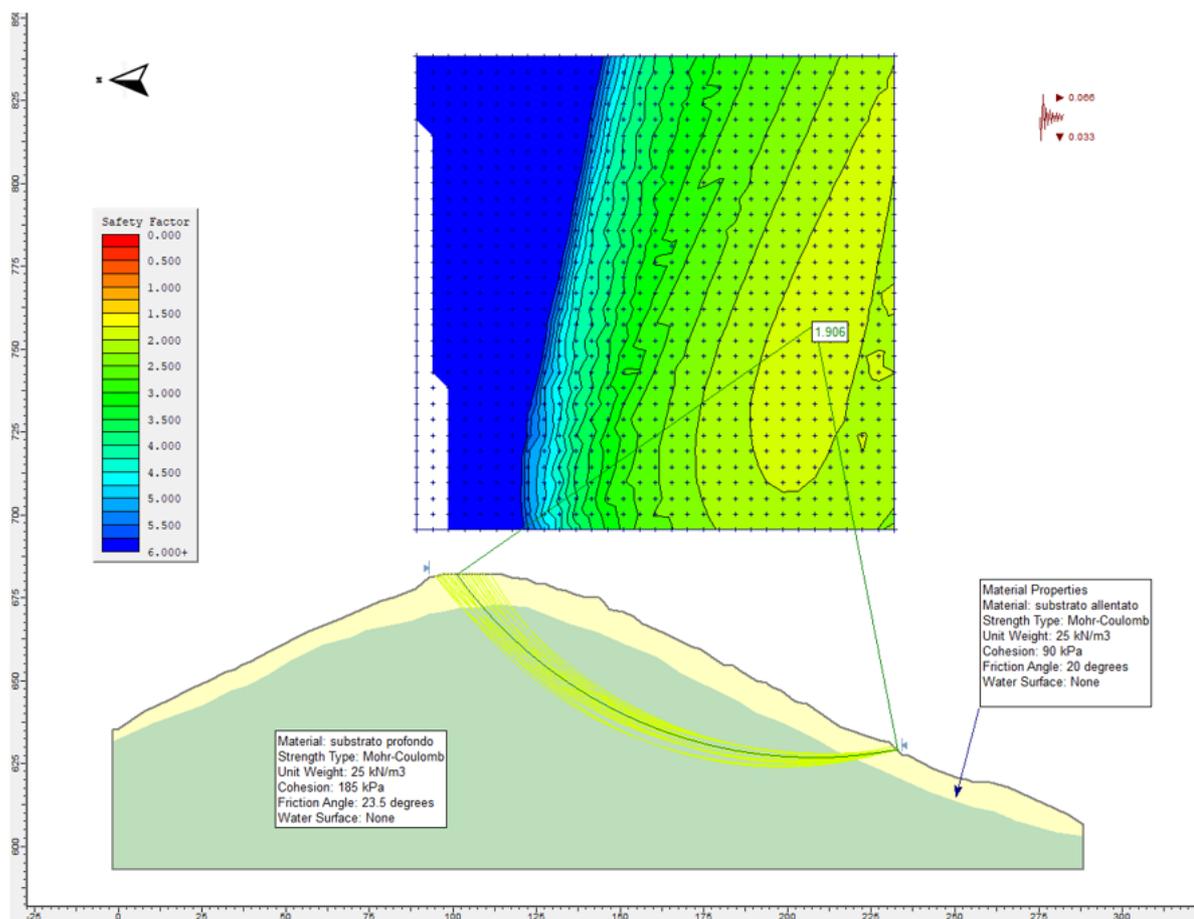
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 28 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

### 3.3.6 Conclusioni

La nicchia di distacco cartografata nel versante Sud del rilievo è il motivo geologico-geomorfologico che ha portato alla definizione dell'area P3, estesa anche a nord del crinale, dove passa il tracciato del metanodotto, per possibile arretramento verso monte dell'instabilità.

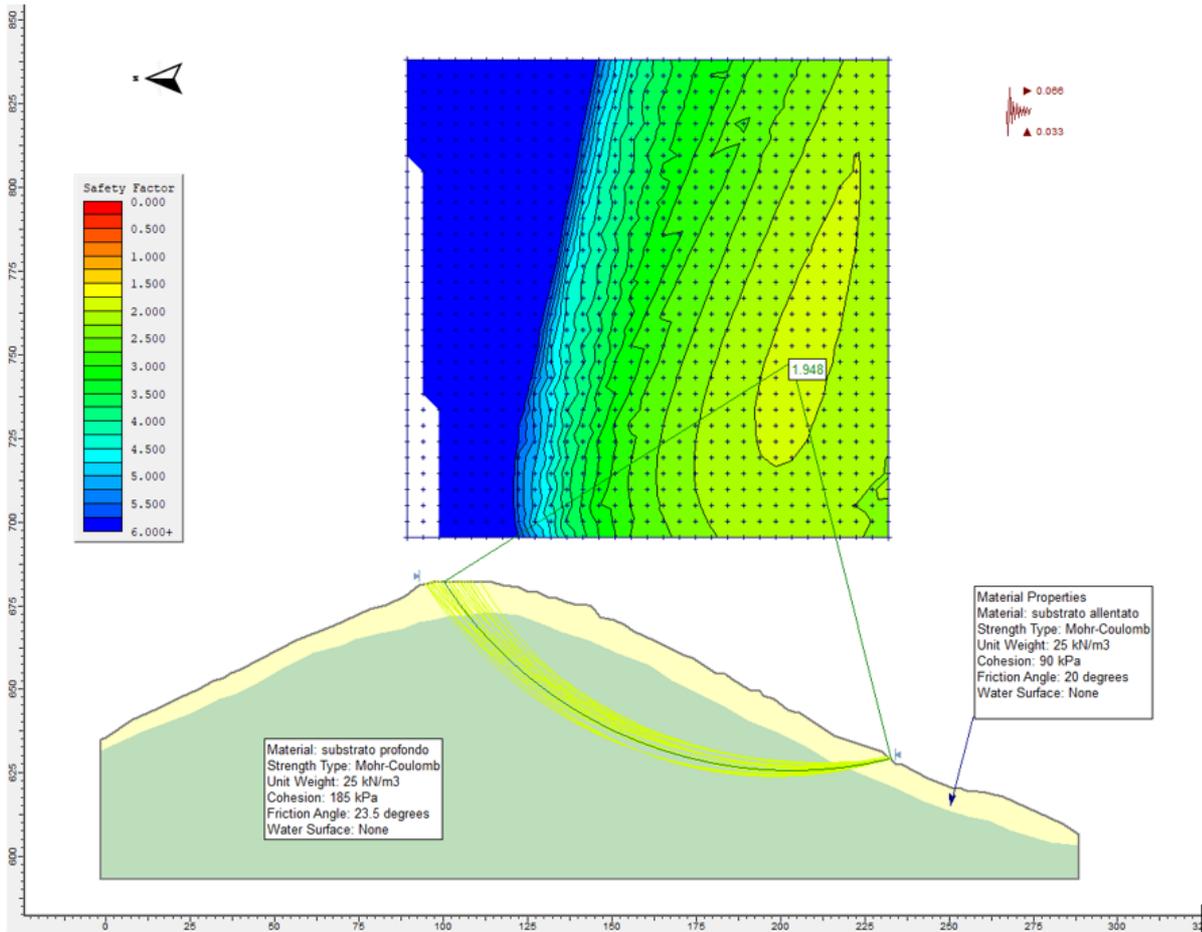
Tuttavia l'assenza di indicazioni di movimento nel settore della nicchia di distacco (non vi sono fratture di tensione nel crinale, i terrazzamenti del versante sud del rilievo sono sostanzialmente integri) e l'assenza di un accumulo detritico a valle suggeriscono che il movimento franoso, se avvenuto, si sia verificato in tempi remoti, perché quasi completamente obliterata ne è la morfologia, e che un arretramento della zona di distacco di dimensioni tali da coinvolgere il metanodotto in progetto si possa del tutto escludere. Tale conclusione è confermata anche dai risultati delle verifiche di stabilità (**fattori di sicurezza ampiamente superiori al limite di 1,1**). Le condizioni geologico-geomorfologiche dell'area P3 appaiono quindi compatibili con le previsioni progettuali.



**Fig.3.3/C: Verifiche di stabilità in condizioni sismiche (kv verso il basso).  
 Legenda: Substrato allentato (giallo), substrato profondo (verde).**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 29 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

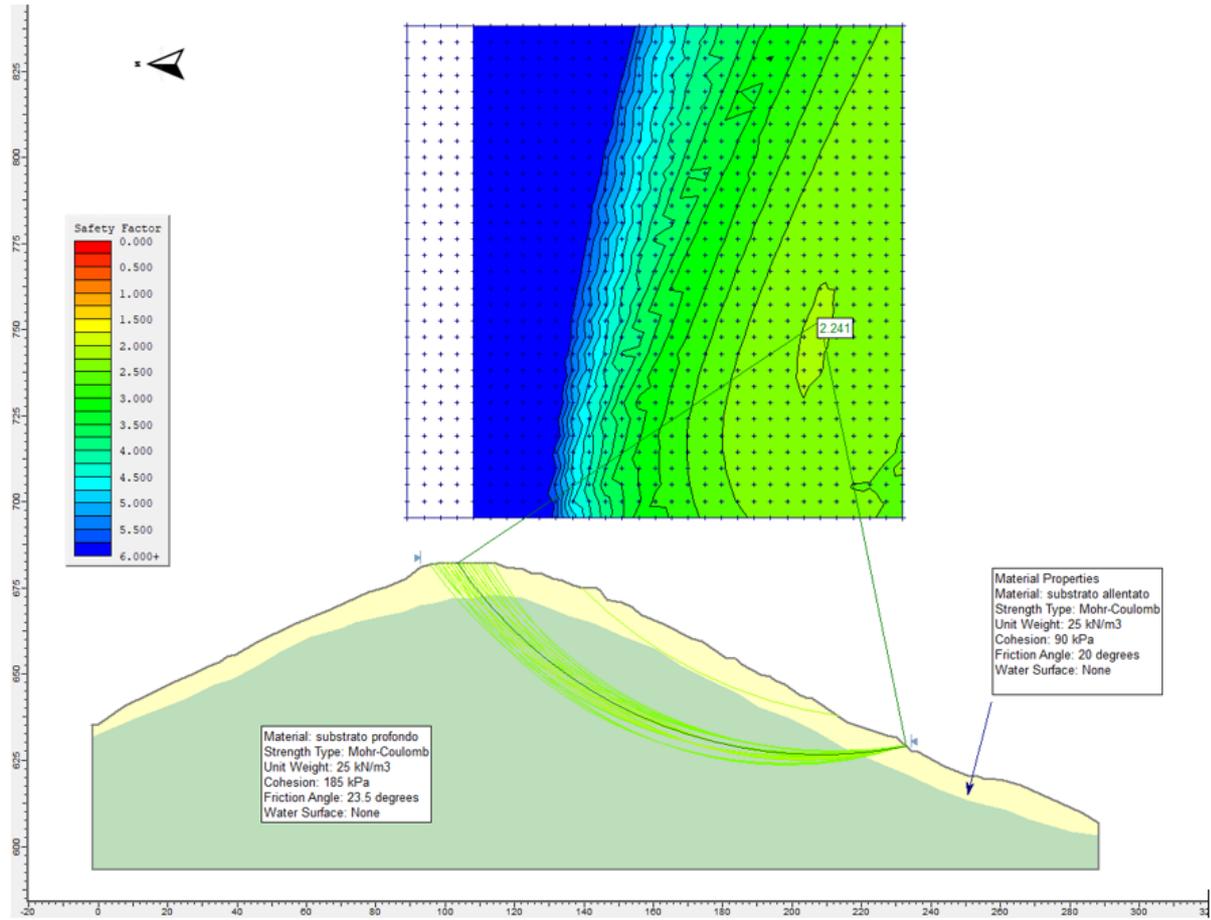
Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036



**Fig.3.3/D: Verifiche di stabilità in condizioni sismiche (kv verso l'alto). Legenda: Substrato allentato (giallo), substrato profondo (verde)**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 30 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036



**Fig.3.3/E: Verifiche di stabilità in condizioni statiche. Legenda: Substrato allentato (giallo), substrato profondo (verde)**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 31 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036



**Fig.3.3/F: Area P3. In rosso la nicchia di distacco. Il tracciato di progetto percorre il crinale a monte della nicchia.**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 32 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

#### 4 TABULATI DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 33 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## **Area 1 da pk 9,425 a pk 9,465**

### **Condizioni statiche**

## ***Slide Analysis Information***

### **Analysis Methods**

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Lowe-Karafiath

Spencer

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

### **Surface Options**

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: 1

### **Material Properties**

Material: Accumulo frana

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 22 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 1.8 kPa

Friction Angle: 19.2 degrees

Water Surface: Piezometric Line 1

Custom Hu value: 1

Material: substrato lapideo

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 26 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 100 kPa

Friction Angle: 15 degrees

Water Surface: None

### **Global Minimums**

Method: bishop simplified

FS: 1.549200

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 34 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Center: 126.670, 1093.237  
 Radius: 298.950  
 Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537  
 Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080  
 Resisting Moment=3.56462e+006 kN-m  
 Driving Moment=2.30094e+006 kN-m

Method: spencer

FS: 1.548980  
 Center: 126.670, 1093.237  
 Radius: 298.950  
 Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537  
 Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080  
 Resisting Moment=3.56412e+006 kN-m  
 Driving Moment=2.30094e+006 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=11596.6 kN  
 Driving Horizontal Force=7486.61 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 1.550260  
 Center: 126.670, 1093.237  
 Radius: 298.950  
 Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537  
 Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080  
 Resisting Horizontal Force=11597.7 kN  
 Driving Horizontal Force=7481.1 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.550600  
 Center: 126.670, 1093.237  
 Radius: 298.950  
 Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537  
 Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080  
 Resisting Moment=3.56784e+006 kN-m  
 Driving Moment=2.30094e+006 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=11597.7 kN  
 Driving Horizontal Force=7479.49 kN

**Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 8548  
 Number of Invalid Surfaces: 2023  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 158 surfaces  
 Error Code -106 reported for 1 surface  
 Error Code -115 reported for 16 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 8548  
 Number of Invalid Surfaces: 2023

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 35 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

**Error Codes:**

Error Code -103 reported for 158 surfaces  
 Error Code -106 reported for 1 surface  
 Error Code -115 reported for 16 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 8548  
 Number of Invalid Surfaces: 2023

**Error Codes:**

Error Code -103 reported for 158 surfaces  
 Error Code -106 reported for 1 surface  
 Error Code -115 reported for 16 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 8548  
 Number of Invalid Surfaces: 2023

**Error Codes:**

Error Code -103 reported for 158 surfaces  
 Error Code -106 reported for 1 surface  
 Error Code -115 reported for 16 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than  $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ . This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

**List of All Coordinates**

Search Grid

105.405	949.693
264.898	949.693

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 36 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

264.898 1109.186  
 105.405 1109.186

Material Boundary

168.038 786.583  
 318.187 786.763

Material Boundary

107.263 786.483  
 142.897 792.735  
 167.201 796.434  
 212.530 805.681  
 264.819 817.970  
 291.101 824.065  
 311.270 829.840  
 318.141 831.600

External Boundary

38.273 786.511  
 107.263 786.483  
 140.923 786.568  
 168.038 786.583  
 318.187 786.665  
 318.187 786.763  
 318.141 831.600  
 318.137 838.485  
 315.329 838.254  
 312.905 838.254  
 308.429 837.803  
 302.518 837.600  
 300.325 837.139  
 298.863 837.100  
 294.746 836.369  
 292.015 836.369  
 289.937 835.908  
 285.158 834.949  
 283.731 834.400  
 280.550 834.061  
 277.972 833.484  
 276.549 833.522  
 274.663 833.253  
 269.393 831.983  
 266.937 831.875  
 261.698 830.368  
 259.851 830.329  
 254.427 828.867  
 251.541 828.444  
 247.155 827.213  
 244.424 826.905  
 234.998 824.789  
 230.228 824.020  
 225.265 822.827  
 216.955 821.480

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 37 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

210.029	819.634
208.221	819.749
206.259	819.595
203.912	819.518
201.142	819.211
199.526	818.595
197.125	818.484
194.410	817.556
192.447	817.171
188.023	816.710
187.523	816.517
186.677	816.287
185.869	815.940
185.176	815.979
182.406	815.248
181.098	815.171
179.521	814.786
178.251	814.286
175.173	812.132
174.173	811.708
171.672	811.939
166.478	811.901
164.786	812.208
164.132	812.093
162.631	811.478
160.130	810.747
158.284	810.477
156.129	810.631
153.936	810.400
152.205	810.362
150.936	810.323
149.781	810.439
147.819	810.092
145.472	809.169
139.586	806.822
137.893	805.899
136.644	805.531
131.545	804.706
128.429	804.129
125.228	804.104
120.735	803.975
119.542	803.668
117.234	802.975
116.556	802.897
112.309	802.629
108.154	802.167
106.577	802.129
103.153	801.398
98.151	800.359
94.919	798.666
92.803	797.897
88.533	795.781
86.590	795.542

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 38 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

82.647	794.665
81.339	794.473
80.608	794.511
79.954	794.703
77.684	794.280
75.064	793.457
74.296	793.676
72.430	793.567
67.930	793.018
64.746	792.798
63.410	792.318
62.295	792.357
60.136	792.249
56.733	792.249
52.343	793.457
48.611	795.652
43.943	797.897
42.250	798.128
39.211	798.012
38.292	798.177

Piezo Line

63.410	792.318
89.782	793.329
107.802	795.017
134.454	800.554
167.000	807.000
199.053	812.350
239.428	819.079
318.140	833.704

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 39 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## **Area 1 da pk 9,425 a pk 9,465**

### **Condizioni sismiche (kv verso il basso)**

## ***Slide Analysis Information***

### **Analysis Methods**

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Lowe-Karafiath

Spencer

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

### **Surface Options**

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: 1

### **Loading**

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

### **Material Properties**

Material: Accumulo frana

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 22 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 1.8 kPa

Friction Angle: 19.2 degrees

Water Surface: Piezometric Line 1

Custom Hu value: 1

Material: substrato lapideo

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 26 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 100 kPa

Friction Angle: 15 degrees

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 40 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Water Surface: None

## **Global Minimums**

Method: bishop simplified

FS: 1.091300

Center: 126.670, 1093.237

Radius: 298.950

Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537

Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080

Resisting Moment=3.68099e+006 kN-m

Driving Moment=3.37304e+006 kN-m

Method: spencer

FS: 1.093530

Center: 126.670, 1093.237

Radius: 298.950

Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537

Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080

Resisting Moment=3.68852e+006 kN-m

Driving Moment=3.37304e+006 kN-m

Resisting Horizontal Force=11995.5 kN

Driving Horizontal Force=10969.5 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 1.085310

Center: 126.670, 1093.237

Radius: 298.950

Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537

Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080

Resisting Horizontal Force=11982.9 kN

Driving Horizontal Force=11041 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.092470

Center: 126.670, 1093.237

Radius: 298.950

Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537

Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080

Resisting Moment=3.68495e+006 kN-m

Driving Moment=3.37304e+006 kN-m

Resisting Horizontal Force=11993.9 kN

Driving Horizontal Force=10978.7 kN

## **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 8548

Number of Invalid Surfaces: 2023

Error Codes:

Error Code -103 reported for 158 surfaces

Error Code -106 reported for 1 surface

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 41 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Error Code -115 reported for 16 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 8548  
 Number of Invalid Surfaces: 2023  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 158 surfaces  
 Error Code -106 reported for 1 surface  
 Error Code -115 reported for 16 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 8548  
 Number of Invalid Surfaces: 2023  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 158 surfaces  
 Error Code -106 reported for 1 surface  
 Error Code -115 reported for 16 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 8548  
 Number of Invalid Surfaces: 2023  
 Error Codes:  
 Error Code -103 reported for 158 surfaces  
 Error Code -106 reported for 1 surface  
 Error Code -115 reported for 16 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 106 = Average slice width is less than  $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ . This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 42 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## List of All Coordinates

### Search Grid

105.405	949.693
264.898	949.693
264.898	1109.186
105.405	1109.186

### Material Boundary

168.038	786.583
318.187	786.763

### Material Boundary

107.263	786.483
142.897	792.735
167.201	796.434
212.530	805.681
264.819	817.970
291.101	824.065
311.270	829.840
318.141	831.600

### External Boundary

38.273	786.511
107.263	786.483
140.923	786.568
168.038	786.583
318.187	786.665
318.187	786.763
318.141	831.600
318.137	838.485
315.329	838.254
312.905	838.254
308.429	837.803
302.518	837.600
300.325	837.139
298.863	837.100
294.746	836.369
292.015	836.369
289.937	835.908
285.158	834.949
283.731	834.400
280.550	834.061
277.972	833.484
276.549	833.522
274.663	833.253
269.393	831.983
266.937	831.875
261.698	830.368
259.851	830.329
254.427	828.867

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 43 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

251.541	828.444
247.155	827.213
244.424	826.905
234.998	824.789
230.228	824.020
225.265	822.827
216.955	821.480
210.029	819.634
208.221	819.749
206.259	819.595
203.912	819.518
201.142	819.211
199.526	818.595
197.125	818.484
194.410	817.556
192.447	817.171
188.023	816.710
187.523	816.517
186.677	816.287
185.869	815.940
185.176	815.979
182.406	815.248
181.098	815.171
179.521	814.786
178.251	814.286
175.173	812.132
174.173	811.708
171.672	811.939
166.478	811.901
164.786	812.208
164.132	812.093
162.631	811.478
160.130	810.747
158.284	810.477
156.129	810.631
153.936	810.400
152.205	810.362
150.936	810.323
149.781	810.439
147.819	810.092
145.472	809.169
139.586	806.822
137.893	805.899
136.644	805.531
131.545	804.706
128.429	804.129
125.228	804.104
120.735	803.975
119.542	803.668
117.234	802.975
116.556	802.897
112.309	802.629
108.154	802.167

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 44 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

106.577	802.129
103.153	801.398
98.151	800.359
94.919	798.666
92.803	797.897
88.533	795.781
86.590	795.542
82.647	794.665
81.339	794.473
80.608	794.511
79.954	794.703
77.684	794.280
75.064	793.457
74.296	793.676
72.430	793.567
67.930	793.018
64.746	792.798
63.410	792.318
62.295	792.357
60.136	792.249
56.733	792.249
52.343	793.457
48.611	795.652
43.943	797.897
42.250	798.128
39.211	798.012
38.292	798.177

Piezo Line

63.410	792.318
89.782	793.329
107.802	795.017
134.454	800.554
167.000	807.000
199.053	812.350
239.428	819.079
318.140	833.704

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 45 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## **Area 1 da pk 9,425 a pk 9,465**

### **Condizioni sismiche (kv verso l'alto)**

## **Slide Analysis Information**

### **Analysis Methods**

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Lowe-Karafiath

Spencer

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

### **Surface Options**

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: 1

### **Loading**

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08

Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.04

### **Material Properties**

Material: Accumulo frana

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 22 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 1.8 kPa

Friction Angle: 19.2 degrees

Water Surface: Piezometric Line 1

Custom Hu value: 1

Material: substrato lapideo

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 26 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 100 kPa

Friction Angle: 15 degrees

Water Surface: None

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 46 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS: 1.042400

Center: 126.670, 1093.237

Radius: 298.950

Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537

Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080

Resisting Moment=3.3242e+006 kN-m

Driving Moment=3.18899e+006 kN-m

### Method: spencer

FS: 1.044930

Center: 126.670, 1093.237

Radius: 298.950

Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537

Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080

Resisting Moment=3.33228e+006 kN-m

Driving Moment=3.18899e+006 kN-m

Resisting Horizontal Force=10835.2 kN

Driving Horizontal Force=10369.3 kN

### Method: lowe-karafiath

FS: 1.036580

Center: 126.670, 1093.237

Radius: 298.950

Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537

Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080

Resisting Horizontal Force=10822.3 kN

Driving Horizontal Force=10440.5 kN

### Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.043800

Center: 126.670, 1093.237

Radius: 298.950

Left Slip Surface Endpoint: 90.059, 796.537

Right Slip Surface Endpoint: 273.944, 833.080

Resisting Moment=3.32866e+006 kN-m

Driving Moment=3.18899e+006 kN-m

Resisting Horizontal Force=10833.5 kN

Driving Horizontal Force=10378.9 kN

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 8548

Number of Invalid Surfaces: 2023

Error Codes:

Error Code -103 reported for 158 surfaces

Error Code -106 reported for 1 surface

Error Code -115 reported for 16 surfaces

Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 47 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 8548

Number of Invalid Surfaces: 2023

Error Codes:

Error Code -103 reported for 158 surfaces

Error Code -106 reported for 1 surface

Error Code -115 reported for 16 surfaces

Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 8548

Number of Invalid Surfaces: 2023

Error Codes:

Error Code -103 reported for 158 surfaces

Error Code -106 reported for 1 surface

Error Code -115 reported for 16 surfaces

Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 8548

Number of Invalid Surfaces: 2023

Error Codes:

Error Code -103 reported for 158 surfaces

Error Code -106 reported for 1 surface

Error Code -115 reported for 16 surfaces

Error Code -1000 reported for 1848 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than  $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ . This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

**List of All Coordinates**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 48 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Search Grid

105.405	949.693
264.898	949.693
264.898	1109.186
105.405	1109.186

Material Boundary

168.038	786.583
318.187	786.763

Material Boundary

107.263	786.483
142.897	792.735
167.201	796.434
212.530	805.681
264.819	817.970
291.101	824.065
311.270	829.840
318.141	831.600

External Boundary

38.273	786.511
107.263	786.483
140.923	786.568
168.038	786.583
318.187	786.665
318.187	786.763
318.141	831.600
318.137	838.485
315.329	838.254
312.905	838.254
308.429	837.803
302.518	837.600
300.325	837.139
298.863	837.100
294.746	836.369
292.015	836.369
289.937	835.908
285.158	834.949
283.731	834.400
280.550	834.061
277.972	833.484
276.549	833.522
274.663	833.253
269.393	831.983
266.937	831.875
261.698	830.368
259.851	830.329
254.427	828.867
251.541	828.444
247.155	827.213
244.424	826.905

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 49 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

234.998	824.789
230.228	824.020
225.265	822.827
216.955	821.480
210.029	819.634
208.221	819.749
206.259	819.595
203.912	819.518
201.142	819.211
199.526	818.595
197.125	818.484
194.410	817.556
192.447	817.171
188.023	816.710
187.523	816.517
186.677	816.287
185.869	815.940
185.176	815.979
182.406	815.248
181.098	815.171
179.521	814.786
178.251	814.286
175.173	812.132
174.173	811.708
171.672	811.939
166.478	811.901
164.786	812.208
164.132	812.093
162.631	811.478
160.130	810.747
158.284	810.477
156.129	810.631
153.936	810.400
152.205	810.362
150.936	810.323
149.781	810.439
147.819	810.092
145.472	809.169
139.586	806.822
137.893	805.899
136.644	805.531
131.545	804.706
128.429	804.129
125.228	804.104
120.735	803.975
119.542	803.668
117.234	802.975
116.556	802.897
112.309	802.629
108.154	802.167
106.577	802.129
103.153	801.398
98.151	800.359

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 50 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

94.919	798.666
92.803	797.897
88.533	795.781
86.590	795.542
82.647	794.665
81.339	794.473
80.608	794.511
79.954	794.703
77.684	794.280
75.064	793.457
74.296	793.676
72.430	793.567
67.930	793.018
64.746	792.798
63.410	792.318
62.295	792.357
60.136	792.249
56.733	792.249
52.343	793.457
48.611	795.652
43.943	797.897
42.250	798.128
39.211	798.012
38.292	798.177

Piezo Line

63.410	792.318
89.782	793.329
107.802	795.017
134.454	800.554
167.000	807.000
199.053	812.350
239.428	819.079
318.140	833.704

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 51 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## **Area 3 da pk 30,975 a pk 31,130**

### **Condizioni statiche**

## ***Slide Analysis Information***

### **Document Name**

File Name: P3 il poggio.sli

### **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Failure Direction: Left to Right  
 Units of Measurement: SI Units  
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
 Groundwater Method: Water Surfaces  
 Data Output: Standard  
 Calculate Excess Pore Pressure: Off  
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off  
 Random Numbers: Pseudo-random Seed  
 Random Number Seed: 10116  
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### **Analysis Methods**

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine  
 Lowe-Karafiath  
 Spencer

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

### **Surface Options**

Surface Type: Circular  
 Search Method: Grid Search  
 Radius increment: 10  
 Composite Surfaces: Disabled  
 Reverse Curvature: Create Tension Crack  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

### **Material Properties**

Material: substrato allentato  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 52 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Cohesion: 90 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Water Surface: None

Material: substrato profondo  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 185 kPa  
 Friction Angle: 23.5 degrees  
 Water Surface: None

### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
 FS: 2.240900  
 Center: 208.063, 752.549  
 Radius: 126.075  
 Left Slip Surface Endpoint: 103.452, 682.184  
 Right Slip Surface Endpoint: 232.892, 628.944  
 Resisting Moment=6.57326e+006 kN-m  
 Driving Moment=2.93331e+006 kN-m

Method: spencer  
 FS: 2.235480  
 Center: 203.306, 743.035  
 Radius: 117.793  
 Left Slip Surface Endpoint: 102.476, 682.138  
 Right Slip Surface Endpoint: 232.832, 629.002  
 Resisting Moment=6.53741e+006 kN-m  
 Driving Moment=2.92439e+006 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=49444.4 kN  
 Driving Horizontal Force=22118.1 kN

Method: lowe-karafiath  
 FS: 2.250170  
 Center: 231.849, 766.821  
 Radius: 130.534  
 Left Slip Surface Endpoint: 138.727, 675.348  
 Right Slip Surface Endpoint: 213.730, 637.551  
 Resisting Horizontal Force=10250.7 kN  
 Driving Horizontal Force=4555.52 kN

Method: gle/morgenstern-price  
 FS: 2.236180  
 Center: 203.306, 743.035  
 Radius: 117.793  
 Left Slip Surface Endpoint: 102.476, 682.138  
 Right Slip Surface Endpoint: 232.832, 629.002  
 Resisting Moment=6.53947e+006 kN-m  
 Driving Moment=2.92439e+006 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=49464.6 kN  
 Driving Horizontal Force=22120.1 kN

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 53 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9250

Number of Invalid Surfaces: 1321

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 1277 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

### Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 8972

Number of Invalid Surfaces: 1599

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 1277 surfaces

Error Code -108 reported for 169 surfaces

Error Code -111 reported for 109 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

### Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 8809

Number of Invalid Surfaces: 1762

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 1277 surfaces

Error Code -108 reported for 388 surfaces

Error Code -111 reported for 53 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

### Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 8968

Number of Invalid Surfaces: 1603

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 1277 surfaces

Error Code -108 reported for 169 surfaces

Error Code -111 reported for 113 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

## Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-106 = Average slice width is less than  
 $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ .  
 This limitation is imposed to avoid numerical errors  
 which may result from too many slices, or too  
 small a slip region.

-107 = Total driving moment or

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 54 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

## **List of All Coordinates**

### Search Grid

89.136	695.465
231.849	695.465
231.849	838.177
89.136	838.177

### Material Boundary

-1.696	631.780
10.573	637.227
25.537	642.839
33.667	647.193
38.486	648.507
45.557	652.317
51.877	656.180
61.358	660.920
70.136	663.378
74.174	665.133
81.354	666.687
87.867	668.118
92.783	670.049
96.655	670.661
101.737	671.805
106.418	672.038
113.396	673.102
122.278	672.156
129.457	669.442
135.269	667.065
142.994	664.782
151.421	660.920
160.901	657.233
167.748	652.493
175.297	648.806
184.602	644.242

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 55 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

190.396	640.555
199.350	637.044
208.128	632.654
214.448	628.792
226.562	623.701
233.057	620.892
242.538	616.503
250.614	613.518
255.881	611.938
261.674	610.709
268.346	607.900
280.284	604.389
288.413	603.237

External Boundary

-1.714	635.076
-1.696	631.780
-1.684	593.145
288.413	593.171
288.413	603.237
288.413	606.682
283.375	609.887
265.829	617.816
260.705	619.247
258.759	619.362
255.696	619.448
253.578	620.306
250.630	620.621
243.732	623.226
236.204	627.519
234.143	627.748
230.221	631.498
227.388	632.128
215.767	636.164
205.806	642.947
204.002	643.291
202.027	643.949
197.906	647.098
194.986	648.071
193.727	649.388
190.836	649.874
185.512	652.994
183.766	654.540
181.934	654.540
180.760	654.797
173.948	659.463
171.143	660.293
162.957	664.358
156.316	667.363
153.969	669.338
150.763	670.798
147.791	671.301
146.780	671.274

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 56 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

144.778	674.036
143.741	674.957
142.758	675.190
139.844	675.038
136.688	675.914
133.732	677.210
131.013	677.668
127.922	679.070
124.658	679.385
122.340	680.616
117.474	681.016
113.810	682.333
110.604	682.018
107.857	682.390
99.928	682.018
97.810	682.190
95.749	681.818
92.858	681.102
88.736	677.753
82.983	675.235
78.088	673.832
67.211	668.966
56.449	664.615
45.687	659.120
39.504	655.685
37.214	654.998
34.752	653.538
31.776	652.422
27.454	650.246
21.700	647.584
15.088	644.264
7.618	640.829
-0.025	635.448

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 57 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

**Area 3 da pk 30,975 a pk 31,130**  
**Condizioni sismiche, kv rivolto verso il basso**

## ***Slide Analysis Information***

### **Analysis Methods**

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine  
 Lowe-Karafiath  
 Spencer

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

### **Surface Options**

Surface Type: Circular  
 Search Method: Grid Search  
 Radius increment: 10  
 Composite Surfaces: Disabled  
 Reverse Curvature: Create Tension Crack  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

### **Loading**

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.066  
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.033

### **Material Properties**

Material: substrato allentato  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 90 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Water Surface: None

Material: substrato profondo  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 185 kPa  
 Friction Angle: 23.5 degrees  
 Water Surface: None

### **Global Minimums**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 58 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Method: bishop simplified

FS: 1.905950  
 Center: 208.063, 757.307  
 Radius: 130.713  
 Left Slip Surface Endpoint: 101.170, 682.077  
 Right Slip Surface Endpoint: 232.867, 628.969  
 Resisting Moment=6.98462e+006 kN-m  
 Driving Moment=3.66464e+006 kN-m

Method: spencer

FS: 1.902310  
 Center: 203.306, 747.792  
 Radius: 122.378  
 Left Slip Surface Endpoint: 100.101, 682.026  
 Right Slip Surface Endpoint: 232.809, 629.024  
 Resisting Moment=6.95561e+006 kN-m  
 Driving Moment=3.6564e+006 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=50988.5 kN  
 Driving Horizontal Force=26803.5 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 1.888500  
 Center: 203.306, 747.792  
 Radius: 122.378  
 Left Slip Surface Endpoint: 100.101, 682.026  
 Right Slip Surface Endpoint: 232.809, 629.024  
 Resisting Horizontal Force=50967.9 kN  
 Driving Horizontal Force=26988.5 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.902330  
 Center: 208.063, 752.549  
 Radius: 126.075  
 Left Slip Surface Endpoint: 103.452, 682.184  
 Right Slip Surface Endpoint: 232.892, 628.944  
 Resisting Moment=6.59121e+006 kN-m  
 Driving Moment=3.46481e+006 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=46865.8 kN  
 Driving Horizontal Force=24636 kN

**Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 10097  
 Number of Invalid Surfaces: 474  
 Error Codes:  
 Error Code -106 reported for 33 surfaces  
 Error Code -107 reported for 429 surfaces  
 Error Code -108 reported for 1 surface  
 Error Code -1000 reported for 11 surfaces

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 59 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 9722

Number of Invalid Surfaces: 849

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 429 surfaces

Error Code -108 reported for 169 surfaces

Error Code -111 reported for 207 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 9674

Number of Invalid Surfaces: 897

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 429 surfaces

Error Code -108 reported for 359 surfaces

Error Code -111 reported for 65 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 9711

Number of Invalid Surfaces: 860

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 429 surfaces

Error Code -108 reported for 169 surfaces

Error Code -111 reported for 218 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

## Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-106 = Average slice width is less than  $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ . This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force  $< 0.1$ . This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 60 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

-111 = safety factor equation did not converge

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

## List of All Coordinates

### Search Grid

89.136	695.465
231.849	695.465
231.849	838.177
89.136	838.177

### Material Boundary

-1.696	631.780
10.573	637.227
25.537	642.839
33.667	647.193
38.486	648.507
45.557	652.317
51.877	656.180
61.358	660.920
70.136	663.378
74.174	665.133
81.354	666.687
87.867	668.118
92.783	670.049
96.655	670.661
101.737	671.805
106.418	672.038
113.396	673.102
122.278	672.156
129.457	669.442
135.269	667.065
142.994	664.782
151.421	660.920
160.901	657.233
167.748	652.493
175.297	648.806
184.602	644.242
190.396	640.555
199.350	637.044
208.128	632.654
214.448	628.792
226.562	623.701
233.057	620.892
242.538	616.503
250.614	613.518
255.881	611.938
261.674	610.709
268.346	607.900

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 61 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

280.284    604.389  
 288.413    603.237

External Boundary

-1.714    635.076  
 -1.696    631.780  
 -1.684    593.145  
 288.413    593.171  
 288.413    603.237  
 288.413    606.682  
 283.375    609.887  
 265.829    617.816  
 260.705    619.247  
 258.759    619.362  
 255.696    619.448  
 253.578    620.306  
 250.630    620.621  
 243.732    623.226  
 236.204    627.519  
 234.143    627.748  
 230.221    631.498  
 227.388    632.128  
 215.767    636.164  
 205.806    642.947  
 204.002    643.291  
 202.027    643.949  
 197.906    647.098  
 194.986    648.071  
 193.727    649.388  
 190.836    649.874  
 185.512    652.994  
 183.766    654.540  
 181.934    654.540  
 180.760    654.797  
 173.948    659.463  
 171.143    660.293  
 162.957    664.358  
 156.316    667.363  
 153.969    669.338  
 150.763    670.798  
 147.791    671.301  
 146.780    671.274  
 144.778    674.036  
 143.741    674.957  
 142.758    675.190  
 139.844    675.038  
 136.688    675.914  
 133.732    677.210  
 131.013    677.668  
 127.922    679.070  
 124.658    679.385  
 122.340    680.616  
 117.474    681.016

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 62 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

113.810	682.333
110.604	682.018
107.857	682.390
99.928	682.018
97.810	682.190
95.749	681.818
92.858	681.102
88.736	677.753
82.983	675.235
78.088	673.832
67.211	668.966
56.449	664.615
45.687	659.120
39.504	655.685
37.214	654.998
34.752	653.538
31.776	652.422
27.454	650.246
21.700	647.584
15.088	644.264
7.618	640.829
-0.025	635.448

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 63 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

**Area 3 da pk 30,975 a pk 31,130**  
**Condizioni sismiche kv rivolto verso l'alto**

## ***Slide Analysis Information***

### **Analysis Methods**

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine  
 Lowe-Karafiath  
 Spencer

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

### **Surface Options**

Surface Type: Circular  
 Search Method: Grid Search  
 Radius increment: 10  
 Composite Surfaces: Disabled  
 Reverse Curvature: Create Tension Crack  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

### **Loading**

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.066  
 Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.033

### **Material Properties**

Material: substrato allentato  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 90 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Water Surface: None

Material: substrato profondo  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 185 kPa  
 Friction Angle: 23.5 degrees  
 Water Surface: None

### **Global Minimums**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 64 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Method: bishop simplified

FS: 1.947570

Center: 203.306, 747.792

Radius: 122.378

Left Slip Surface Endpoint: 100.101, 682.026

Right Slip Surface Endpoint: 232.809, 629.024

Resisting Moment=6.72427e+006 kN-m

Driving Moment=3.45264e+006 kN-m

Method: spencer

FS: 1.943920

Center: 208.063, 757.307

Radius: 130.713

Left Slip Surface Endpoint: 101.170, 682.077

Right Slip Surface Endpoint: 232.867, 628.969

Resisting Moment=6.72661e+006 kN-m

Driving Moment=3.46032e+006 kN-m

Resisting Horizontal Force=46277 kN

Driving Horizontal Force=23806 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 1.926670

Center: 203.306, 747.792

Radius: 122.378

Left Slip Surface Endpoint: 100.101, 682.026

Right Slip Surface Endpoint: 232.809, 629.024

Resisting Horizontal Force=49115.5 kN

Driving Horizontal Force=25492.5 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.945690

Center: 208.063, 752.549

Radius: 126.075

Left Slip Surface Endpoint: 103.452, 682.184

Right Slip Surface Endpoint: 232.892, 628.944

Resisting Moment=6.3648e+006 kN-m

Driving Moment=3.27124e+006 kN-m

Resisting Horizontal Force=45236.9 kN

Driving Horizontal Force=23249.9 kN

**Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 10140

Number of Invalid Surfaces: 431

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 385 surfaces

Error Code -108 reported for 2 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

Method: spencer

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 65 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

Number of Valid Surfaces: 9737

Number of Invalid Surfaces: 834

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 385 surfaces

Error Code -108 reported for 178 surfaces

Error Code -111 reported for 227 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 9679

Number of Invalid Surfaces: 892

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 385 surfaces

Error Code -108 reported for 391 surfaces

Error Code -111 reported for 72 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 9732

Number of Invalid Surfaces: 839

Error Codes:

Error Code -106 reported for 33 surfaces

Error Code -107 reported for 385 surfaces

Error Code -108 reported for 178 surfaces

Error Code -111 reported for 232 surfaces

Error Code -1000 reported for 11 surfaces

## **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-106 = Average slice width is less than  
 $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ .

This limitation is imposed to avoid numerical errors  
 which may result from too many slices, or too  
 small a slip region.

-107 = Total driving moment or  
 total driving force is negative. This will occur  
 if the wrong failure direction is specified,  
 or if high external or anchor loads are applied  
 against the failure direction.

-108 = Total driving moment  
 or total driving force  $< 0.1$ . This is to  
 limit the calculation of extremely high safety  
 factors if the driving force is very small  
 (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 66 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

-1000 = No valid slip surfaces are generated  
at a grid center. Unable to draw a surface.

## List of All Coordinates

### Search Grid

89.136	695.465
231.849	695.465
231.849	838.177
89.136	838.177

### Material Boundary

-1.696	631.780
10.573	637.227
25.537	642.839
33.667	647.193
38.486	648.507
45.557	652.317
51.877	656.180
61.358	660.920
70.136	663.378
74.174	665.133
81.354	666.687
87.867	668.118
92.783	670.049
96.655	670.661
101.737	671.805
106.418	672.038
113.396	673.102
122.278	672.156
129.457	669.442
135.269	667.065
142.994	664.782
151.421	660.920
160.901	657.233
167.748	652.493
175.297	648.806
184.602	644.242
190.396	640.555
199.350	637.044
208.128	632.654
214.448	628.792
226.562	623.701
233.057	620.892
242.538	616.503
250.614	613.518
255.881	611.938
261.674	610.709
268.346	607.900
280.284	604.389

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 67 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

288.413 603.237

External Boundary

-1.714	635.076
-1.696	631.780
-1.684	593.145
288.413	593.171
288.413	603.237
288.413	606.682
283.375	609.887
265.829	617.816
260.705	619.247
258.759	619.362
255.696	619.448
253.578	620.306
250.630	620.621
243.732	623.226
236.204	627.519
234.143	627.748
230.221	631.498
227.388	632.128
215.767	636.164
205.806	642.947
204.002	643.291
202.027	643.949
197.906	647.098
194.986	648.071
193.727	649.388
190.836	649.874
185.512	652.994
183.766	654.540
181.934	654.540
180.760	654.797
173.948	659.463
171.143	660.293
162.957	664.358
156.316	667.363
153.969	669.338
150.763	670.798
147.791	671.301
146.780	671.274
144.778	674.036
143.741	674.957
142.758	675.190
139.844	675.038
136.688	675.914
133.732	677.210
131.013	677.668
127.922	679.070
124.658	679.385
122.340	680.616
117.474	681.016
113.810	682.333

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20045</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	<b>REL-GEO-E-13036</b>	
	<b>PROGETTO/IMPIANTO</b> Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16'') DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 68 di 68	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-190/A\_SPC-LA-E-83036

110.604	682.018
107.857	682.390
99.928	682.018
97.810	682.190
95.749	681.818
92.858	681.102
88.736	677.753
82.983	675.235
78.088	673.832
67.211	668.966
56.449	664.615
45.687	659.120
39.504	655.685
37.214	654.998
34.752	653.538
31.776	652.422
27.454	650.246
21.700	647.584
15.088	644.264
7.618	640.829
-0.025	635.448