

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)**

**INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI**

**RELAZIONE DI CALCOLO VERSANTI IN FRANA – LOTTO 4A**

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 RH GE0000 004 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Gennaio 2020	M. Arcangeli	Gennaio 2020	A. Barreca	Gennaio 2020	F. Arduini Aprile 2020
B	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Febbraio 2020	M. Arcangeli	Febbraio 2020	A. Barreca	Febbraio 2020	
C	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Aprile 2020	M. Arcangeli	Aprile 2020	A. Barreca	Aprile 2020	

## INDICE

1.	PREMESSA.....	5
2.	NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO .....	6
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
4.	SOFTWARE .....	6
5.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	7
6.	GEOMORFOLOGIA .....	8
7.	DISSESTI E PROCESSI EROSIVI.....	9
7.1	DISSESTO ID 2 – PK 1+500 .....	11
7.2	DISSESTO ID 29 – PK 6+400 .....	14
7.3	DISSESTO ID 30 – PK 6+900 .....	17
7.4	DISSESTO ID 31 – PK 6+900 .....	20
7.5	DISSESTO ID 31A – PK 6+900 .....	23
7.6	DISSESTO ID 31v – 6+463 .....	26
7.7	DISSESTO ID 85v – PK 46+700 .....	29
7.8	DISSESTO ID 91 – PK 12+800 .....	32
7.9	DISSESTO ID 92 – PK 12+900 .....	35
7.10	DISSESTO ID 93 – PK 12+900 .....	38
7.11	DISSESTO ID 171 – PK 24+000 .....	41
7.12	SOLIFLUSSI PRESENTI LUNGO LA TRATTA .....	44
8.	METODOLOGIA GENERALE DI ANALISI DEI MOVIMENTI .....	47
9.	PROVE DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO.....	48
10.	DEFINIZIONE DELL'ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO DA CORRELAZIONI EMPIRICHE.....	48
11.	MODELLO GEOTECNICO.....	50
12.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DISSESTI.....	52
12.1	DISSESTO ID 2 – PK 1+500 .....	55
12.2	DISSESTO ID 91 – PK 12+800 .....	58
12.3	DISSESTO ID 92 – PK 12+900 .....	61

12.4	OPERE DI PRESIDIO .....	64
13.	OPERE DI MITIGAZIONE .....	65
13.1	INTRODUZIONE .....	65
13.2	DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI .....	65
13.3	ANALISI.....	66
13.3.1	FRANA 2 .....	71
13.3.1.1	<i>Risultati analisi strutturali (con parametri caratteristici)</i> .....	73
13.3.1.1.1	ANALISI SLOPE .....	73
13.3.1.1.2	ANALISI PARATIE.....	74
13.3.1.1.3	Frana 2 – Momento Flettente .....	75
13.3.1.1.4	Frana 2 - Taglio.....	76
13.3.1.1.5	Frana 2 - Spostamento.....	77
13.3.1.2	<i>Risultati analisi strutturali sismiche</i> .....	78
13.3.1.2.1	ANALISI SLOPE .....	80
13.3.1.2.2	ANALISI PARATIE.....	81
13.3.1.2.3	Frana 2 – Momento Flettente .....	82
13.3.1.2.4	Frana 2 – Taglio .....	83
13.3.1.3	<i>Risultati Analisi (GEO)</i> .....	84
13.3.1.3.1	ANALISI SLOPE .....	84
13.3.1.3.2	ANALISI PARATIE.....	85
13.3.1.3.3	Frana 2 – Spinta passiva utilizzata.....	86
13.3.1	VERIFICHE A1+M1 .....	86
13.3.2	SLU -SLV- SLE.....	86
13.3.2.1	<b>Sollecitazioni di calcolo</b> .....	86
13.3.2.2	<b>Frana 2 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA</b> .....	87
13.3.2.3	<b>Frana 2 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA</b> .....	88
13.3.2.4	<b>Frana 2 – SLE</b> .....	89
13.3.3	FRANA 91 .....	90
13.3.3.1	<i>Risultati analisi strutturali (parametri caratteristici)</i> .....	92
13.3.3.1.1	ANALISI SLOPE .....	92
13.3.3.1.2	ANALISI PARATIE.....	93
13.3.3.1.3	Frana 91 – Momento Flettente.....	94
13.3.3.1.4	Frana 91 - Taglio.....	95
13.3.3.1.5	Frana 91 - Spostamento .....	96
13.3.3.2	<i>Risultati analisi strutturali sismiche</i> .....	97
13.3.3.2.1	ANALISI SLOPE .....	99
13.3.3.2.2	ANALISI PARATIE.....	100
13.3.3.2.3	Frana 91 – Momento Flettente.....	101
13.3.3.2.4	Frana 91 – Taglio.....	102
13.3.3.3	<i>Risultati Analisi (GEO)</i> .....	103
13.3.3.3.1	ANALISI SLOPE .....	103
13.3.3.3.2	ANALISI PARATIE.....	104
13.3.3.3.3	Frana 91 – Resistenza passiva.....	105

13.3.4	VERIFICHE A1+M1 .....	105
13.3.5	SLU -SLV- SLE.....	105
<b>13.3.5.1</b>	<b>Sollecitazioni di calcolo .....</b>	<b>105</b>
<b>13.3.5.2</b>	<b>Frana 91 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA .....</b>	<b>106</b>
<b>13.3.5.3</b>	<b>Frana 91 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA .....</b>	<b>107</b>
<b>13.3.5.4</b>	<b>Frana 91 – SLE .....</b>	<b>108</b>
13.3.6	FRANA 92.....	109
13.3.6.1	Risultati analisi strutturali (parametri caratteristici) .....	111
13.3.6.1.1	ANALISI SLOPE .....	111
13.3.6.1.2	ANALISI PARATIE.....	112
13.3.6.1.3	Frana 92 – Momento Flettente.....	113
13.3.6.1.4	Frana 92 - Taglio.....	114
13.3.6.1.5	Frana 92 - Spostamenti.....	115
13.3.6.2	Risultati analisi strutturali sismiche.....	116
13.3.6.2.1	ANALISI SLOPE .....	118
13.3.6.2.2	ANALISI PARATIE.....	119
13.3.6.2.3	Frana 92 – Momento Flettente.....	120
13.3.6.2.4	Frana 92 – Taglio.....	121
13.3.6.3	Risultati Analisi con parametri ridotti (GEO) .....	122
13.3.6.3.1	ANALISI SLOPE .....	122
13.3.6.3.2	ANALISI PARATIE.....	123
13.3.6.3.3	Frana 92 – Resistenza passiva.....	124
13.3.7	VERIFICHE A1+M1.....	124
13.3.8	SLU -SLV- SLE.....	124
<b>13.3.8.1</b>	<b>Sollecitazioni di calcolo .....</b>	<b>124</b>
<b>13.3.8.2</b>	<b>Frana 92 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA .....</b>	<b>125</b>
<b>13.3.8.3</b>	<b>Frana 92 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA .....</b>	<b>126</b>
<b>13.3.8.4</b>	<b>Frana 92 – SLE .....</b>	<b>127</b>
14.	MONITORAGGIO GEOTECNICO.....	128
14.1	CONTROLLO PARAMETRI METEORICI.....	128
14.2	CONTROLLO DEI MOVIMENTI SUPERFICIALI .....	128
14.3	CONTROLLO DEI MOVIMENTI PROFONDI E DEI LIVELLI DI FALDA .....	129
14.4	FREQUENZA DI LETTURA.....	129
14.5	DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME.....	129

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

## 1. PREMESSA

Il presente documento, riguardante lo studio geotecnico dei dissesti rilevati (elaborati di riferimento: RS3U40D29PZGE0000001C, RS3U40D29PZGE0000002B, RS3U40D29PZGE0000003A, RS3U40D29PZGE0000004A) si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici del progetto definitivo della Diretrice ferroviaria Messina-Palermo-Catania, tratte Lercara – Xirbi e Caltanissetta Xirbi - Dittaino, suddivise rispettivamente nel lotto funzionale 3 e nei lotti funzionali 4a (Caltanissetta Xirbi – Enna) e 4b (Enna – Dittaino).

La tratta Lercara – Xirbi (Lotto 3) si estende tra le stazioni di Lercara Diramazione (inclusa) e Caltanissetta Xirbi (inclusa), dal km 0+000 (coincidente con la pk 76+730 della linea storica Palermo Catania) al km 47+683 (coincidente con la pk 126+412 della linea storica Palermo Catania).

La tratta Caltanissetta Xirbi – Enna (4a) si estende tra le stazioni di Caltanissetta Xirbi (esclusa) ed Enna (esclusa), dal km 0+000 (coincidente con la pk 125+759 della linea storica Palermo Catania) al km 26+700 (coincidente con la pk 157+130 della linea storica Palermo Catania).

Sono analizzati dapprima il metodo e lo studio adottati per la caratterizzazione geotecnica dei dissesti e successivamente le opere di mitigazione a protezione delle infrastrutture in progetto.

Pertanto:

- nel capitolo 6 si riassumono gli aspetti geologici e geomorfologici dell'area del dissesto, fornendo una sintesi degli elementi rilevati dalle elaborazioni geologiche;
- nel capitolo 9 si descrive la metodologia di lavoro utilizzata nell'ambito della caratterizzazione dei dissesti direttamente o indirettamente interferenti con le opere;
- nel capitolo 13 si riassumono gli aspetti geotecnico specifici di ogni movimento franoso individuato;
- nel capitolo 14 si forniscono indicazioni sulle azioni intraprese dal progettista e relative verifiche.

I criteri di interpretazione ed elaborazione tengono conto del fatto che lungo il tracciato in esame sono stati rinvenuti fondamentalmente depositi limoso –argillosi, in cui si incontrano alternanze di rocce sedimentarie.

I parametri progettuali adottati ed i criteri di dimensionamento delle opere sono conformi con la normativa vigente (NTC2018).

La presenza di aree caratterizzate da dissesti, comunque di estensione e spessori limitati, in corrispondenza delle opere in progetto porta alla necessità di prevedere opere di contenimento intese a evitare lo sviluppo di fenomeni di arretramento e/o espansione delle aree di dissesto e di presidi a garanzia della stabilità delle opere e delle porzioni di versante direttamente interessate.

Tenendo conto delle necessità e della funzionalità delle opere, in generale nella progettazione, si è cercato, per quanto possibile, di limitare le ampiezze di scavo, in modo da minimizzare l'impatto sul territorio. Le opere di maggior impatto riguardano il progetto delle aree d'imbocco delle gallerie. In

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b></p>					
<p>Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a</p>	<p>COMMESSA RS3U</p>	<p>LOTTO 40 D 29</p>	<p>CODIFICA RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 004</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 6 di 130</p>

ciascuna scheda viene fornita una sintesi delle azioni intraprese dal progettista al fine di verificare il grado di interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto, evidenziando gli effetti positivi sull'area in frana derivanti dalle misure messe in atto per impedirli.

## **2. *NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO***

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 14/01/2018”.
- Rif. [3] RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 C “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili” (21/12/2018);
- Rif. [4] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 C “Manuale di Progettazione delle opere civili” (21/12/2018);

## **3. *DOCUMENTI DI RIFERIMENTO***

- Rif. [5] Italferr, Progetto Preliminare/Progetto di fattibilità tecnico economica [Dicembre 2018];
- Rif. [6] ITALFERR - [RS3D00014RGMD0000001A], Dossier dati e requisiti di base [Maggio 2018].

Nel presente documento si fa inoltre riferimento ai seguenti elaborati allegati al progetto:

- Rif. [7] U.O. Geologia - [RS3G30R69RHGE0005001A] “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica”

## **4. *SOFTWARE***

- GeoSlope vers.2007 - Geostru
- Paratie plus 14.1 - Harpaceas

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Ai fini dell'inquadramento geologico e geomorfologico delle aree di interesse, la prima fase del lavoro è consistita nel reperimento di tutti i dati disponibili per l'elaborazione di un modello concettuale dell'area. Sono, inoltre, stati utilizzati i dati di campagne geognostiche ed indagini appositamente commissionate.

La disponibilità, per l'area d'interesse, di documentazioni geologiche di dettaglio e di modelli geologico-strutturali di riferimento ha permesso di inquadrare fin dall'inizio le attività di studio e di analisi all'interno di un modello generale adatto alle finalità del progetto.

Lo studio si è svolto mediante lo sviluppo delle seguenti attività:

- Analisi aerofotogrammetrica finalizzata sia al controllo delle risultanze geomorfologiche pregresse ed alla loro integrazione, sia al riconoscimento dei principali lineamenti tettonici dell'area;
- Rilevamento geologico strutturale in scala 1:5.000 volto al riconoscimento dei litotipi presenti, alla definizione del loro assetto tettonico con riconoscimento e misura di elementi fragili e duttili presenti in affioramento;
- Rilievo geomorfologico con verifica delle risultanze dell'analisi aerofotogrammetrica ed integrazione dati;
- Analisi di tutte le stratigrafie dei sondaggi pregressi per integrare i dati di superficie;
- Realizzazione di apposite campagne geognostiche in sito (sondaggi, geofisica e rilievi geomeccanici) ed in laboratorio;
- Prelievo di campioni e analisi chimiche eseguiti sulle diverse litologie attraversate dai tracciati;
- Rilievo geomorfologico di dettaglio eseguito sulle specifiche aree in frana.

Sulla base delle attività conoscitive e di tutti i dati raccolti, è stato ricostruito il quadro geologico dell'area di studio per cui sono stati prodotti le seguenti tipologie di elaborati:

- carta geologica;
- profili geologici in asse ai tracciati delle opere principali;
- carta geomorfologica;
- carta di ubicazione delle indagini;

La caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche e geomorfologiche presenti lungo il tracciato di progetto fa riferimento alle indagini geotecniche effettuate sia nell'ambito della fase di progettazione definitiva sia delle precedenti fasi progettuali.

Le attività propedeutiche effettuate sono:

- sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

- prove di permeabilità Lugeon in foro;
- prove dilatometriche in foro con dilatometro da roccia;
- prove geofisiche in foro (CH e DH) per la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione Vp e di taglio Vs;
- prove di laboratorio di classificazione di resistenza e di deformabilità su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, prelevati nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio su provini prelevati nei fori di sondaggio;
- stendimenti di geofisica (sismica a rifrazione, a riflessione, geoelettrica);
- rilievi geologici su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.
- misure piezometriche
- misure inclinometriche
- rilievi geostrutturali su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.

## 6. GEOMORFOLOGIA

L'evoluzione geomorfologica dell'area oggetto di studio è strettamente legata all'evoluzione geodinamica della catena Appenninico-Maghrebide e dell'avanfossa Gela-Catania (Lentini et al. 1995; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000), particolarmente intensa nel Pleistocene medio-superiore e nell'Olocene (Carbone et al. 2010), nonché ai fenomeni di erosione superficiale che hanno interessato la regione durante il Quaternario (Carbone et al. 2010).

Le aree montuose sono caratterizzate da un'orografia relativamente aspra e sono generalmente delimitate da versanti da mediamente a fortemente inclinati. In questi settori il controllo strutturale sulla morfologia è piuttosto accentuato; ad esso si sommano effetti di processi morfogenetici quali il carsismo, l'erosione differenziale, fenomeni di dissesto e/o deformazioni gravitative profonde.

Il rilievo principale nell'ambito del corridoio di progetto è rappresentato dalla dorsale su cui sorge l'abitato di Marianopoli; il rilievo è impostato, lungo il versante orientale, da litotipi di pertinenza del Gruppo della Gessoso-Solfifera, in particolare il Calcare di Base, con giacitura approssimativamente monoclinale subparallela al pendio; sul lato occidentale, la giacitura a reggipoggio del calcare forma una barra allungata in direzione NE-SW, in parte condizionata da lineamenti tettonici.

Il settore collinare che contraddistingue la maggior parte del tracciato è caratterizzato da una morfologia molto meno accentuata, condizionata prevalentemente dalla presenza diffusa di unità litostratigrafiche a dominante componente pelitica. L'evoluzione di queste aree, caratterizzate da rilievi collinari poco acclivi, è essenzialmente controllata dall'azione dei corsi d'acqua che hanno generato ampie vallate a morfologia pianeggiante (Catalano et al. 2011). Fra le forme fluviali sono frequenti le incisioni connesse all'abbassamento del livello di base dell'erosione, come valli a V, vallecole a fondo concavo e brevi gole fluviali, inoltre forme legate all'erosione laterale durante le fasi di stazionamento del livello di base, come meandri, scarpate di erosione, terrazzi e superfici di spianamento.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

## 7. DISSESTI E PROCESSI EROSIVI

I versanti vallivi che caratterizzano il settore collinare sono spesso interessati da processi di dilavamento ed erosione superficiale e dall'insorgere di frequenti movimenti franosi che interessano i primi metri dei terreni di copertura ma che molto raramente vanno a incidere i litotipi del substrato (Alfieri et al. 1994; Agnesi et al. 2000; Contino, 2002).

Le forme di ruscellamento consistono solitamente in superfici di erosione superficiale diffusa, con formazione di rivoli e solchi di erosione sul cui fondo si depositano accumuli colluviali, oppure calanchi in stadio da embrionale a evoluto, particolarmente frequenti nelle litofacies a prevalente componente argilloso-marnosa.

I dissesti superficiali costituiscono un agente morfogenetico importante. I fenomeni più diffusi sono rappresentati da frane di colamento e frane composite, cioè frane caratterizzate dalla concomitanza di più meccanismi evolutivi, tipicamente una combinazione di movimento rotazionale iniziale che evolve in colamento. La maggior parte delle frane cartografate lungo il corridoio di progetto appartengono a queste due categorie. Laddove vengono coinvolti litotipi con una componente litoide importante, ad esempio le successioni della Gessoso-Solfifera o del Gruppo di Enna, possono svilupparsi movimenti franosi di grandi dimensioni in cui una componente iniziale di crollo evolve successivamente o in maniera concomitante in colamento. Alcune di queste frane, cartografate a livello regionale, possono generare forme di accumulo lunghe fino a un massimo di 3-4 km, con spessori che per i corpi di maggiore estensione possono superare 100 m, mentre per i dissesti più piccoli sono generalmente compresi tra 2 e 10 m (Catalano et al. 2011).

Sono previsti, lungo il tracciato in esame, soliflussi. I soliflussi sono movimenti lenti e discontinui, che coinvolgono le porzioni più superficiali del pendio senza una precisa superficie di scivolamento ma con un movimento viscoso rispetto al substrato integro. Il fenomeno aumenta significativamente durante le stagioni piovose. È tipico di terreni poco permeabili, ricchi di limo e argilla e capaci di imbibirsi d'acqua. Tale movimento si verifica anche su pendii di modesta acclività; l'inclinazione minima, affinché avvenga il soliflusso si aggira intorno a 5°. In generale coinvolge spessori modesti (1-2 metri) ed è caratterizzato da velocità dell'ordine di alcuni decimetri per anno.

Nell'area oggetto di studio il soliflusso è un fenomeno molto diffuso che interessa la maggior parte dei campi arati. L'aratura crea un disturbo superficiale nel terreno, fino a circa 1-2 m di profondità, che ne favorisce l'imbibizione e quindi l'insorgere di una lenta deformazione gravitativa determinata da scorrimenti intergranulari diffusi. Trattandosi di un fenomeno estremamente lento ed estremamente superficiale, esso non interferisce in maniera significativa con le opere in progetto, fatta salva l'adozione degli opportuni accorgimenti per il sostegno temporaneo e definitivo di tutti i fronti di scavo aperti su pendio e per il drenaggio delle acque di ruscellamento superficiale.

La metodologia di intervento nel caso di soliflussi prevede la predisposizione di un fosso di raccolta di altezza 0.50 m e larghezza 2.50m, con sponde inclinate di 45°.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 004</b>	REV. <b>C</b>

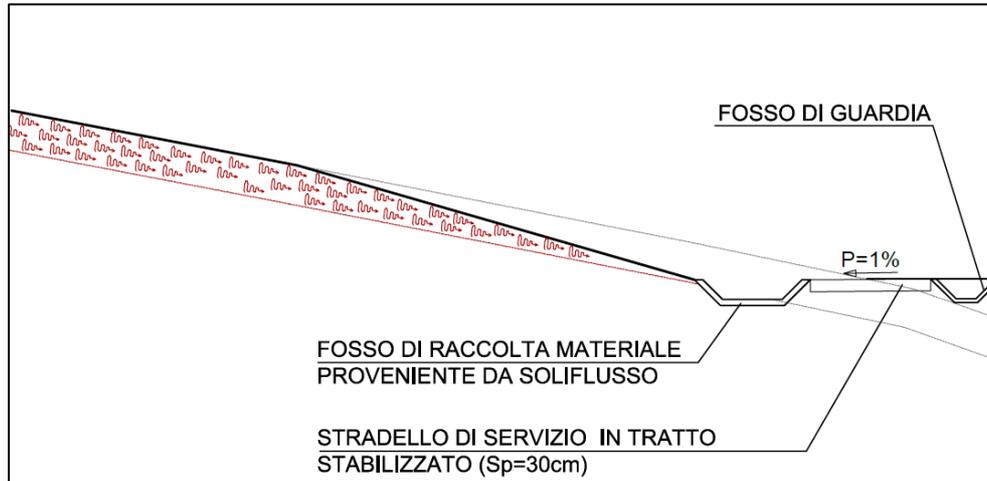


Figura 1: Soliflusso tipo

In generale si riconoscono sette categorie dissesto, non tutte interferenti con le opere in oggetto.

Per la descrizione geologica delle tipologie di dissesto presenti lungo tutta la tratta si rimanda alla “Relazione geologica, geomorfologica idrogeologica” (Rif. [7]).

Si riportano in seguito, per ogni dissesto studiato, una Scheda specifica.

Per le frane denominate 97 e 101 relative all'viabilità NV97 e relative alla WBS NW02 si rimanda alla specifica relazione tecnica e di calcolo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

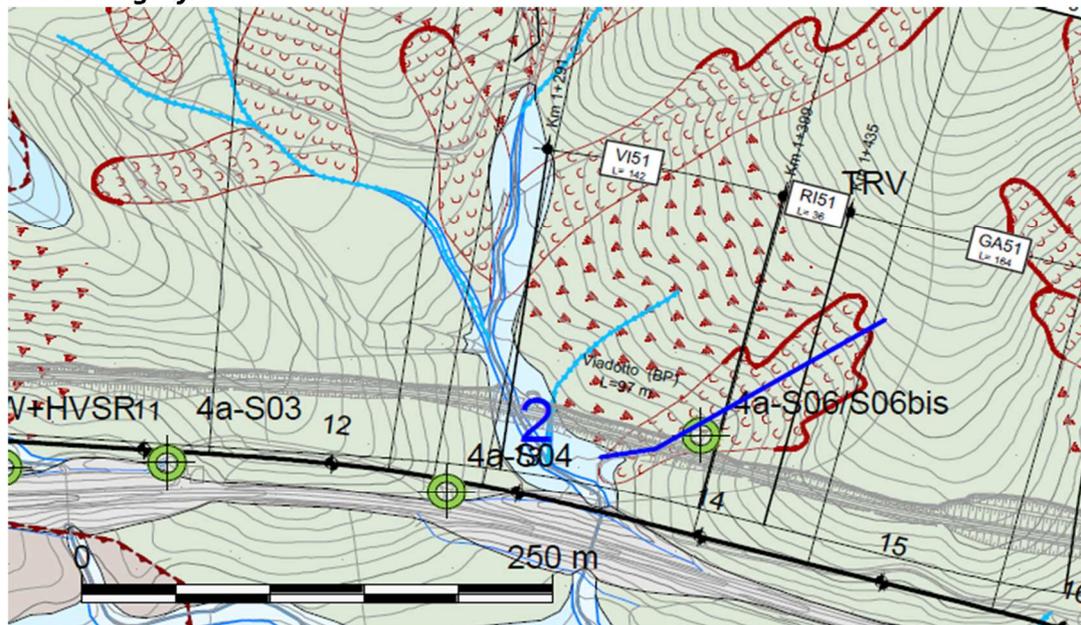
### 7.1 DISSESTO ID 2 – PK 1+500

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>		L4_VI02_dissesto n.2 -23/08/2019			
<b>opera</b>	LOTTO 4 - Viadotto VI02				
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento				
<b>stato di attività</b>	attivo				
<b>dati morfologici</b>	(m)				
larghezza:	62	quota coronamento:	425		
lunghezza (dal coronamento al piede):	170	quota piede:	388		
profondità nicchia di distacco:	1-2				
spessore massa spostata:	1-2				
dislocazione:	10				
pendenza versante:	10-15°				
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate				
I movimenti coinvolgono la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, con locali denudamento del substrato meno alterato, per uno spessore di 2 m circa					
<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-S04, 4a-S06 e 4a-S06bis i cui dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.				

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	12 di 130

**Stralcio cartografico**



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	13 di 130

**Foto**



Vista nord-est dell'area in movimento (su foto di Google Earth, 2017)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

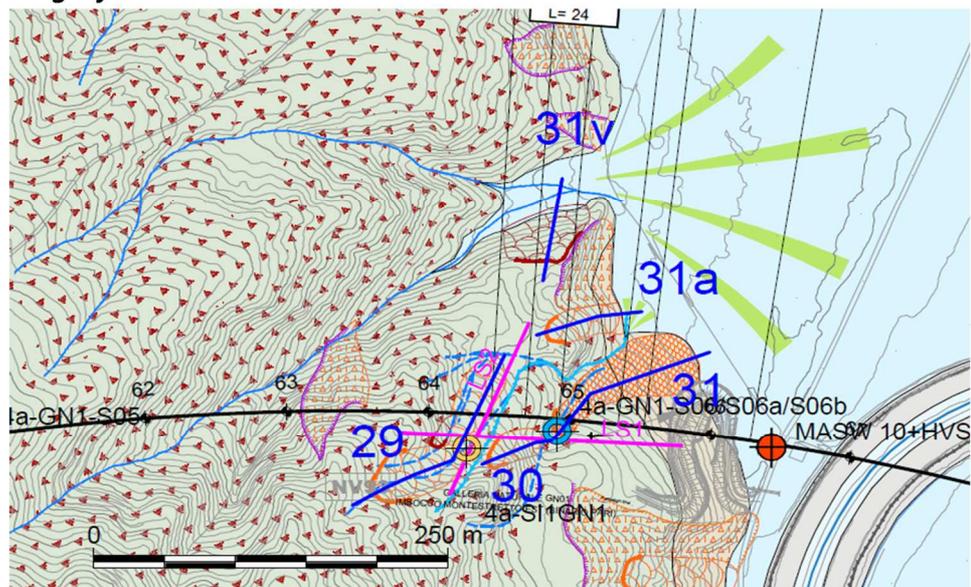
## 7.2 DISSESTO ID 29 – PK 6+400

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_GN01E_dissesto n.29 -23/08/2019
<b>opera</b>	LOTTO 4 - Imbocco EST galleria GN01
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento lento). L'accumulo è inciso da due impluvi (fenomeni di erosione concentrata in occasione di eventi pluviometrici intensi).
<b>stato di attività</b>	quescente
<b>dati morfologici</b>	(m)
larghezza:	35
lunghezza (dal coronamento al piede):	135
profondità nicchia di distacco:	2
spessore massa spostata:	1-3
dislocazione:	40
pendenza versante:	10 - 25°
uso del suolo:	aree incolte, bosco, sentiero
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore presunto di 2 m circa	

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	15 di 130

**Stralcio cartografico**



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	16 di 130

**Foto**



foto da nord-est dell'area di accumulo, su cui si riconosce la presenza di una vegetazione arborea che non mostra evidenze di instabilità

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

### 7.3 DISSESTO ID 30 – PK 6+900

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_GN01E_dissesto n.30 -23/08/2019
---	------------------------------------

<b>opera</b>	LOTTO 4 - Imbocco EST galleria GN01
--------------	-------------------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (combinazione di movimento rotazionale e colamento lento)
-------------------------	---

<b>stato di attività</b>	quiescente/esaurito: non sono osservabili evidenze di movimenti recenti significativi, e in generale l'area si presenta molto rimodellata.
--------------------------	--

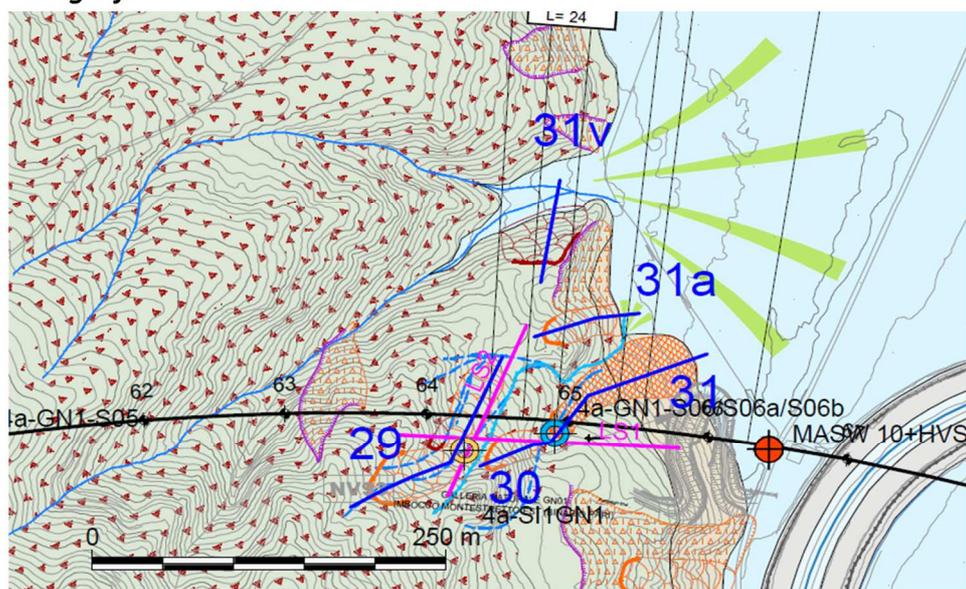
<b>dati morfologici</b>	(m)	
larghezza:	22	quota coronamento: 350
lunghezza (dal coronamento al piede):	42	quota piede: 328
profondità nicchia di distacco:	2	
spessore massa spostata:	1-3	
dislocazione:	15	
pendenza versante:	25-35°	
uso del suolo:	aree incolte	
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore presunto di 1-2 m circa		

<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-GN1-S06 e 4a-SI1-GN1, e le sezioni sismiche LS1 e LS2. I dati sono stati utilizzati per la redazione delle sezioni geologiche.
-------------	--

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	18 di 130

**Stralcio cartografico**



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	19 di 130

**Foto**



panoramica: il dissesto è individuabile nell'area a sinistra nella foto. La presenza di un affioramento di substrato (sabbie da poco a mediamente cementate, appartenenti all'Unità di Terravecchia) testimonia la bassa profondità del dissesto.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

7.4 DISSESTO ID 31 – PK 6+900

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_GN01E_dissesto n.31 -23/08/2019
---	------------------------------------

<b>opera</b>	LOTTO 4 - Imbocco EST galleria GN01
--------------	-------------------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (combinazione di movimento rotazionale e colamento veloce)
-------------------------	--

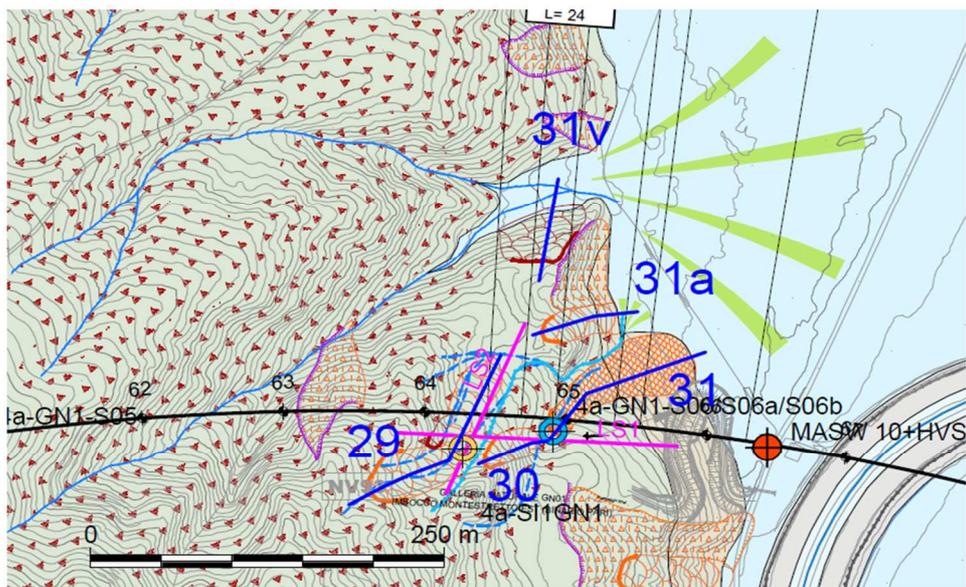
<b>stato di attività</b>	quiescente: non sono osservabili evidenze di movimenti recenti significativi, e in generale l'area si presenta rimodellata
--------------------------	--

<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	18 - 45	quota coronamento:	326
lunghezza (dal coronamento al piede):	115	quota piede:	302
profondità nicchia di distacco:	2		
spessore massa spostata:	2 - 3		
dislocazione:	45		
pendenza versante:	15-20°		
uso del suolo:	aree incolte		
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore presunto di 2 m circa			

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	21 di 130

**Stralcio cartografico**



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	22 di 130

**Foto**



panoramica: il dissesto è individuabile nell'area a sinistra nella foto. La presenza di un affioramento di substrato (sabbie da poco a mediamente cementate, appartenenti all'Unità di Terravecchia) testimonia la bassa profondità del dissesto.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	23 di 130

### 7.5 DISSESTO ID 31a – PK 6+900

<b>opera</b>	LOTTO 4 - Imbocco EST galleria GN01
--------------	-------------------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (combinazione di movimento rotazionale e colamento veloce)
-------------------------	--

<b>stato di attività</b>	quiescente, con locali riattivazioni puntuali in corrispondenza della scarpata di coronamento.
--------------------------	--

<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	30	quota coronamento:	328
lunghezza (dal coronamento al piede):	52	quota piede:	306
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	2-3		
dislocazione:	15 -20		
pendenza versante:	10 - 45°		
uso del suolo:	aree incolte		

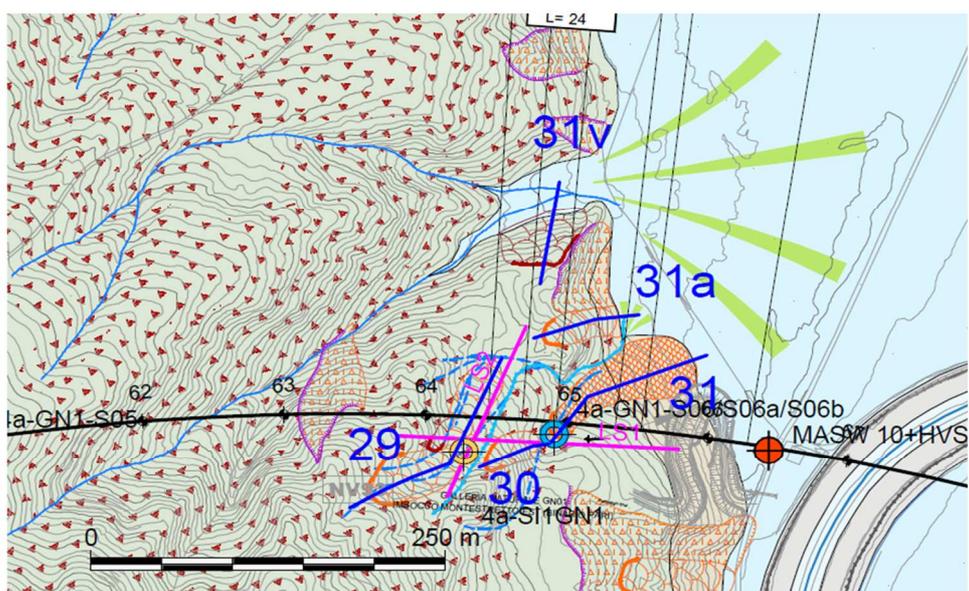
La frana si innesca in corrispondenza del ciglio della strada sterrata, e coinvolge la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore presunto di 1-2 m circa

<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-GN1-S06 e 4a-SI1-GN1, e le sezioni sismiche LS1 e LS2. I dati sono stati utilizzati per la redazione delle sezioni geologiche.
-------------	--

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	24 di 130

### Stralcio cartografico



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	25 di 130

**Foto**



foto presa da sud di una locale riattivazione lungo il ciglio della scarpata

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

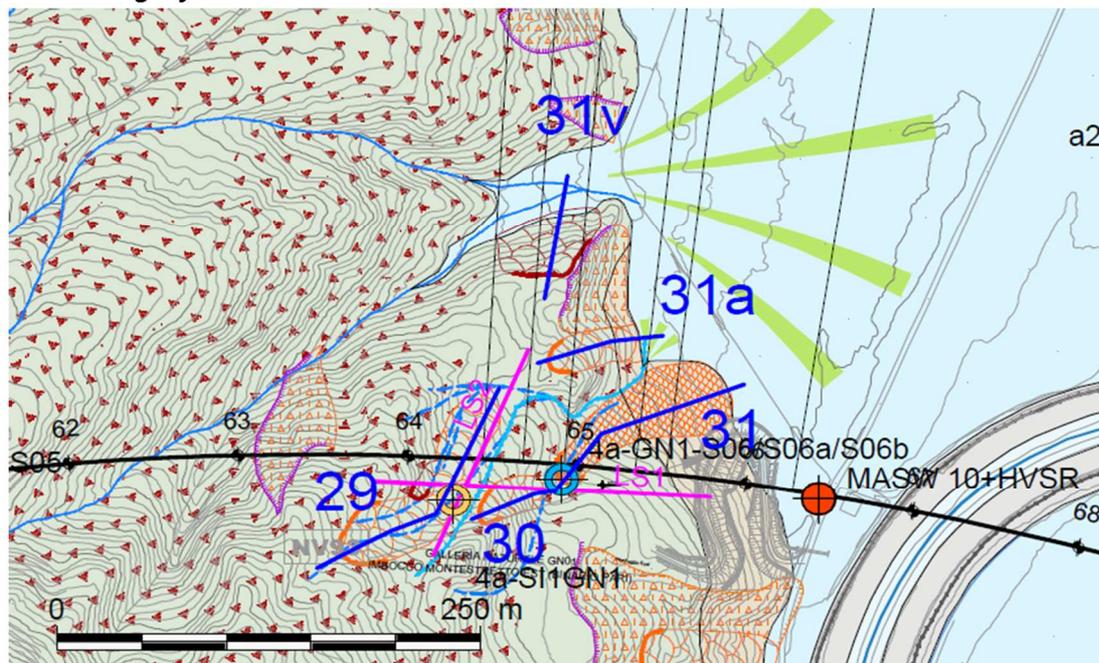
7.6 DISSESTO ID 31v – 6+463

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_NV_dissesto n.31v -23/08/2019
<b>opera</b>	LOTTO 4 - Nuova viabilità
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (combinazione di movimento rotazionale e colamento veloce)
<b>stato di attività</b>	attivo
<b>dati morfologici</b>	(m)
larghezza:	63
lunghezza (dal coronamento al piede):	39,5
profondità nicchia di distacco:	1-2
spessore massa spostata:	'2-3
dislocazione:	10
pendenza versante:	20 - 25°
uso del suolo:	aree incolte
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore presunto di 2 m circa	
<b>Note</b>	Nell'area è stato realizzato il sondaggio 4a-GN1-S06 e le sezioni sismiche LS1 e LS2. I dati sono stati utilizzati per la redazione delle sezioni geologiche.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	27 di 130

**Stralcio cartografico**



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	28 di 130

**Foto**



Foto da monte (sud) del tratto di versante in cui è presente il dissesto.

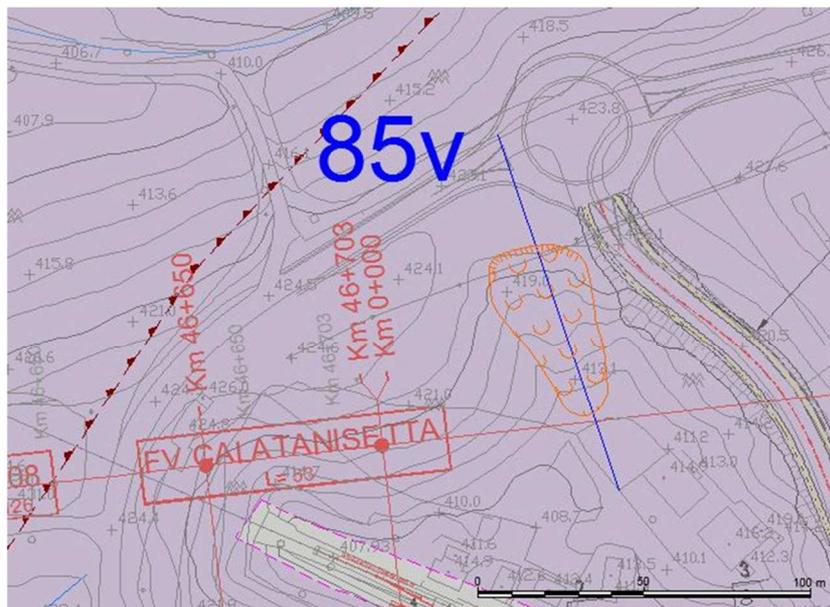
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

7.7 DISSESTO ID 85v – PK 46+700

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_NV dissesto 85v - 26/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Nuova viabilità		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento		
<b>stato di attività</b>	quiescente		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	29	quota coronamento:	422
lunghezza (dal coronamento al piede):	54.5	quota piede:	411
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	2 - 3		
dislocazione:	5		
pendenza versante:	10-15°		
uso del suolo:	aree incolte		
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale, per uno spessore di 2 m circa			
<b>Note</b>	Il modello geologico dell'area è stato ricostruito sulla base dei sondaggi realizzati per l'opera principale.		

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	30 di 130



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia delle sezioni geologiche riportate nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	31 di 130

**Foto**



Individuazione dell'area interessata da colamento su foto Google Earth  
(verso nord-ovest)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

7.8 DISSESTO ID 91 – PK 12+800

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_NV98_dissesto n.91 -25/08/2019
---	-----------------------------------

<b>opera</b>	LOTTO 4 - Viabilità NV98
--------------	--------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento
-------------------------	--

<b>stato di attività</b>	attivo
--------------------------	--------

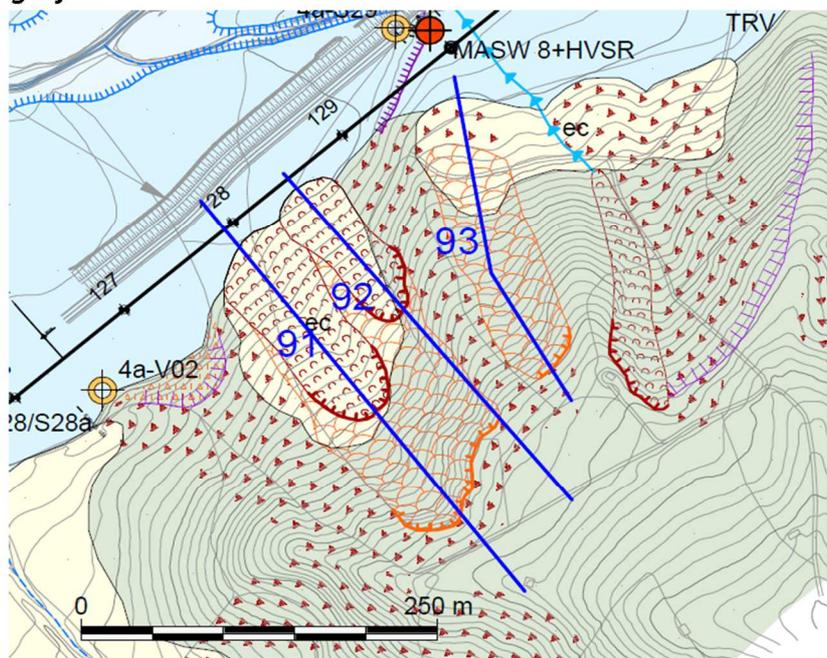
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	65	quota coronamento:	360
lunghezza (dal coronamento al piede):	155	quota piede:	330
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	'2-3		
dislocazione:	10		
pendenza versante:	10-15°		
uso del suolo: aree incolte, aree coltivate			
I movimenti coinvolgono la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, con locali denudamenti del substrato meno alterato, per uno spessore di 2 m circa			

<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-S28, 4a-S28a, 4a-S29 e 4a-V02, i cui risultati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.
-------------	---

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	33 di 130

**Stralcio cartografico**

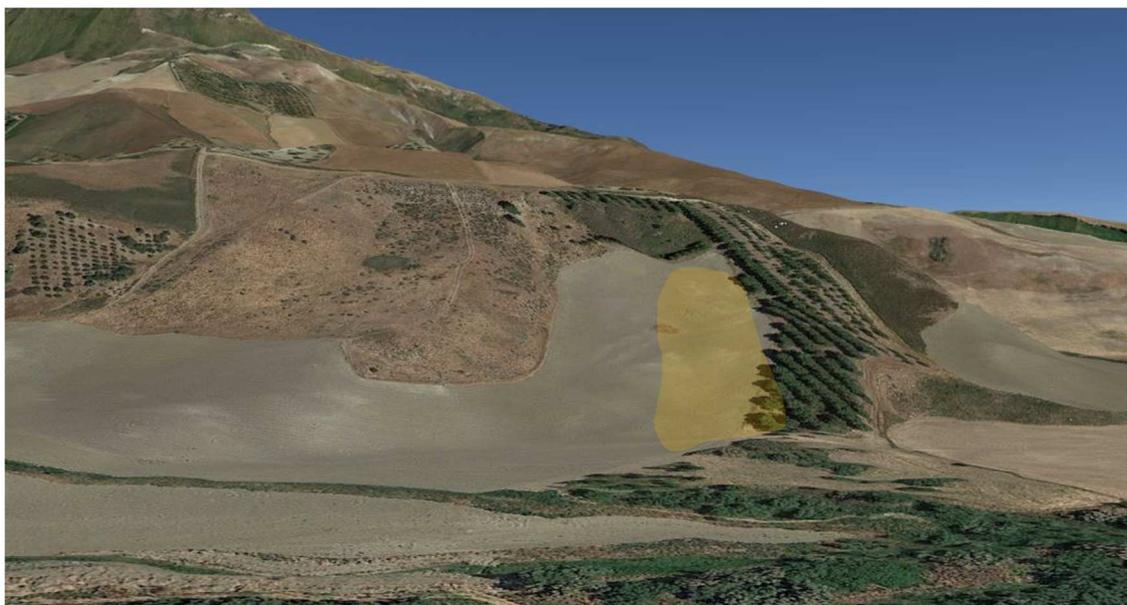


Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	34 di 130

Foto



Area in movimento, vista da valle ed indicata in giallo (Foto da Google Earth)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

7.9 DISSESTO ID 92 – PK 12+900

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_NV98_dissesto n.92 -25/08/2019
---	-----------------------------------

<b>opera</b>	LOTTO 4 - Viabilità NV98
--------------	--------------------------

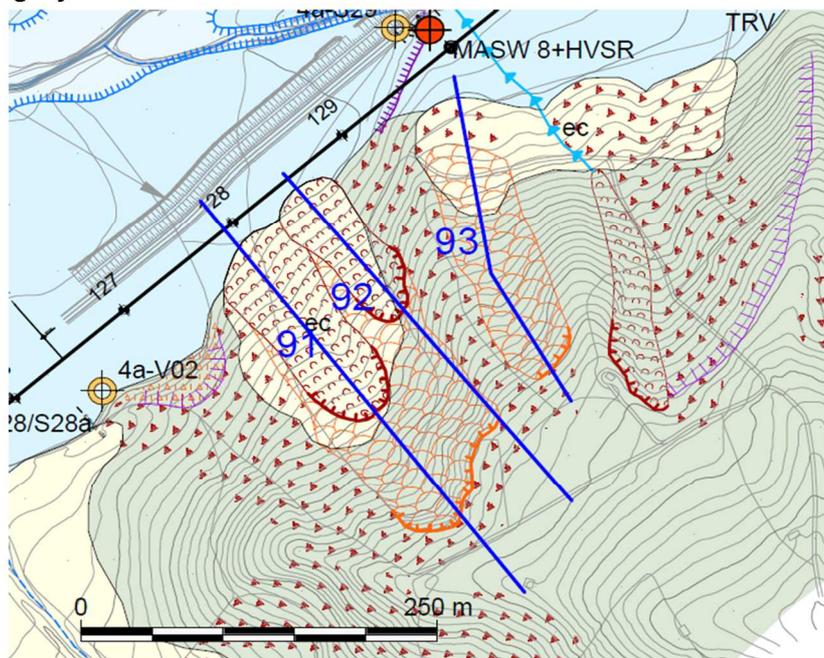
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento
-------------------------	--

<b>stato di attività</b>	attivo
--------------------------	--------

<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	44	quota coronamento:	356
lunghezza (dal coronamento al piede):	116	quota piede:	330
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	'2-3		
dislocazione:	10		
pendenza versante:	25-30°		
uso del suolo: aree incolte, aree coltivate			
I movimenti coinvolgono la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, con locali denudamenti del substrato meno alterato, per uno spessore di 2 m circa			

<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-S28, 4a-S28a, 4a-S29 e 4a-V02, i cui risultati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.
-------------	---

**Stralcio cartografico**

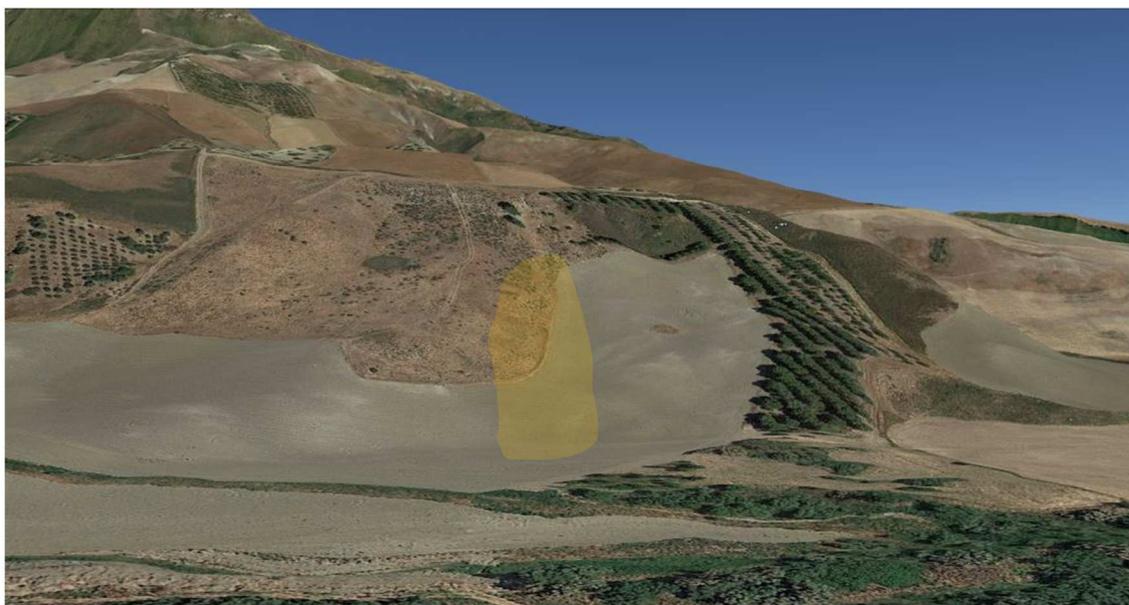


Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	37 di 130

**Foto**



Area in movimento, vista da valle ed indicata in giallo (Foto da Google Earth)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

7.10 DISSESTO ID 93 – PK 12+900

**CODICE DISSESTO e data rilevamento** L4\_NV98\_dissesto n.93 -25/08/2019

**opera** LOTTO 4 - Viabilità NV98

**tipo di dissesto** Frana per movimento di colamento lento

**stato di attività** attivo

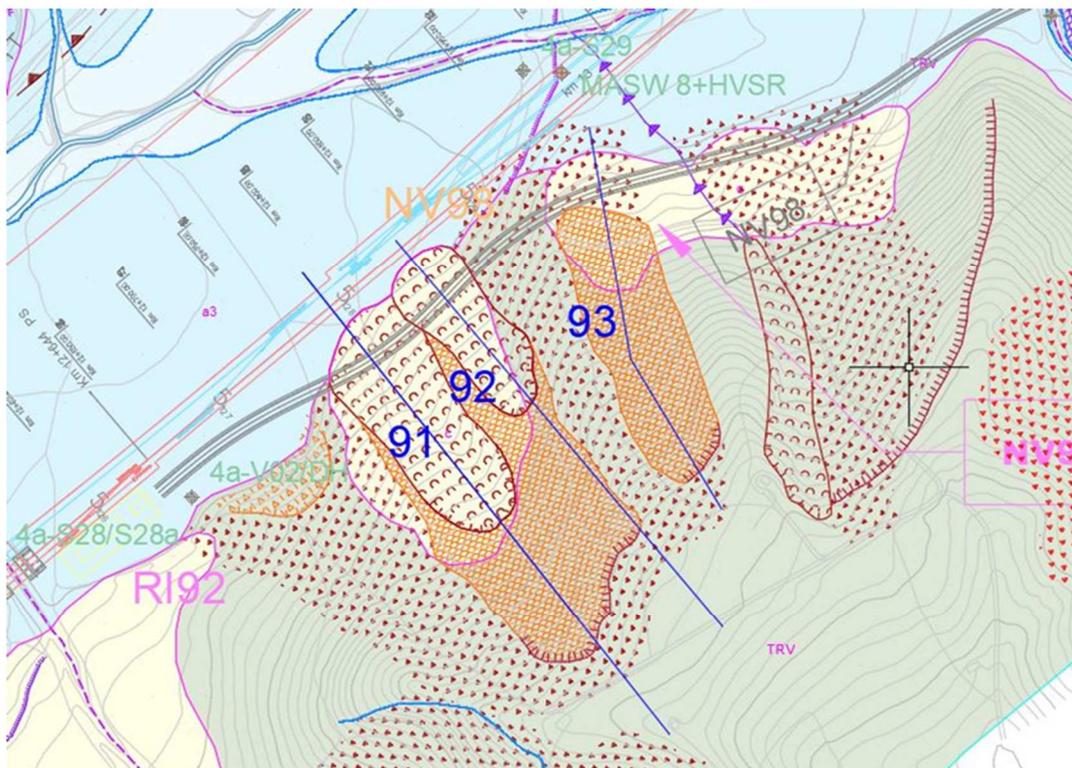
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	50	quota coronamento:	390
lunghezza (dal coronamento al piede):	180	quota piede:	334
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	'2-3		
dislocazione:	40		
pendenza versante:	15-20°		
uso del suolo: aree incolte, aree coltivate			
I movimenti coinvolgono la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, con locali denudamenti del substrato meno alterato, per uno spessore di 2 m circa			

**Note** Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-S28, 4a-S28a, 4a-S29 e 4a-V02, i cui risultati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	39 di 130

### Stralcio cartografico

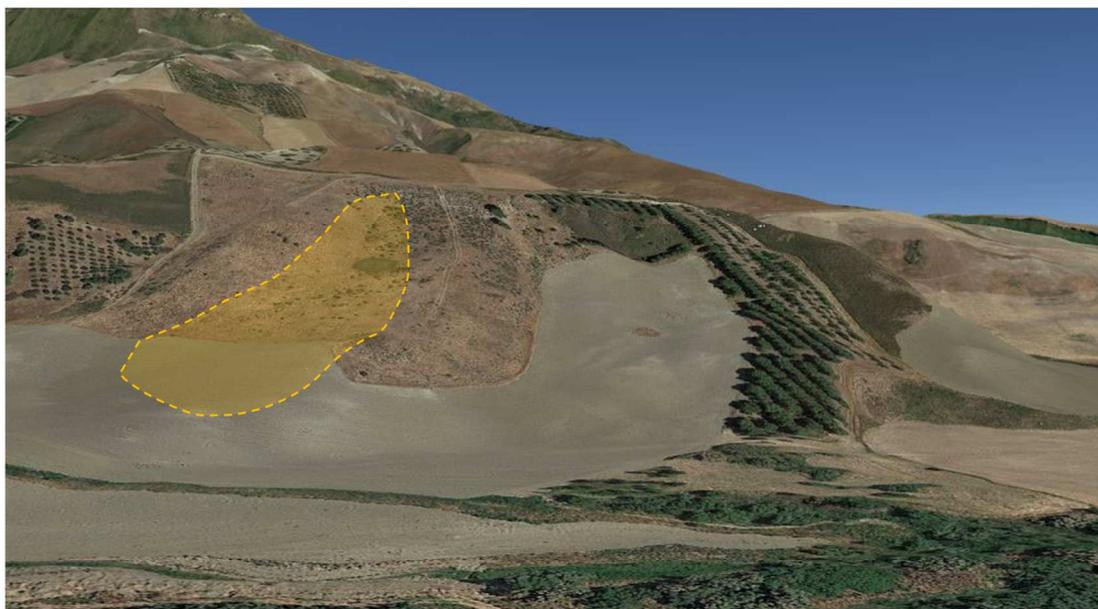


Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	40 di 130

**Foto**



Area in movimento, vista da valle ed indicata in giallo (Foto da Google Earth)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	41 di 130

7.11 DISSESTO ID 171 – PK 24+000

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_NV dissesto n.171 -29/08/2019
---	----------------------------------

<b>opera</b>	LOTTO 4 - Nuova Viabilità
--------------	---------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento
-------------------------	--

<b>stato di attività</b>	attivo
--------------------------	--------

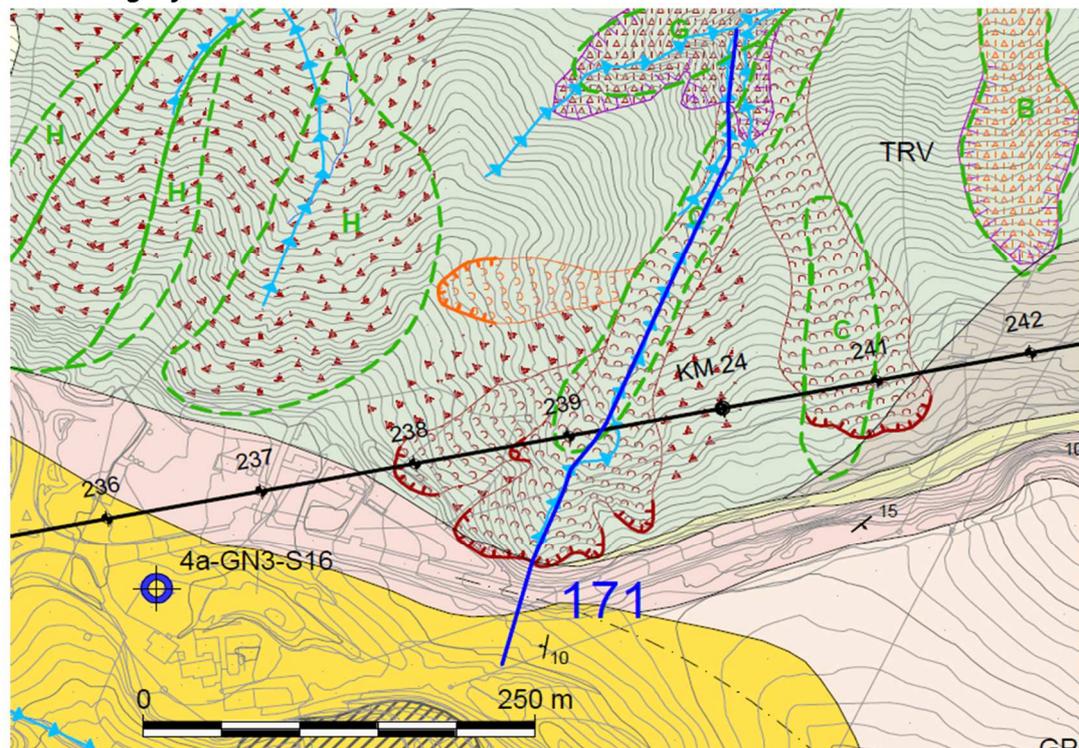
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	123,5	quota coronamento:	660
lunghezza (dal coronamento al piede):	441	quota piede:	540
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	'2-3		
dislocazione:	100		
pendenza versante:	25-30°		
uso del suolo: aree incolte, aree coltivate			
I movimenti coinvolgono la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, con locali denudamenti del substrato meno alterato, per uno spessore di 2-3 m circa			

<b>Note</b>	Nell'area è stato realizzato il sondaggio 4a-GN3-S16, sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.
-------------	---

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	42 di 130

**Stralcio cartografico**



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	43 di 130

**Foto**



Area in movimento, vista danord-est (Foto da Google Earth)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

Si propone in seguito una tabella riassuntiva del singolo dissesto analizzato nel presente lotto:

**Tabella 1 – Tabella riassuntiva dei dissesti studiati**

CENSIMENTO MOVIMENTI ED INDAGINI DI RIFERIMENTO					
FRANA	WBS	pk	SONDAGGI	INCLINOMETRO	PIEZOMETRO
ID	-	-	-	-	
2	NV59	1+500	4aS06	-	4a-S06
29	VI51/RI51	6+400	4aGN1S05	-	4a-SI1-GN1
30	GN01	6+500	4aGN1S06	-	4a-GN1-S06
31	GN01	6+900	4aGN1S06	-	4a-GN1-S06
31a	RI10	6+900	4aS19	-	
91	RI13	12+800	4aSV20	-	4a-SI-06
92	RI13	12+900	4aSV20	-	4a-SI-07
93	RI13	12+900	4aSV20	-	4a-SI-08
171	NV03	24+000	4aGN3S16	-	4a-V15
31v	NV03	6+643	4aGN3S06	-	

### 7.12 SOLIFLUSSI PRESENTI LUNGO LA TRATTA

In tale paragrafo si riportano le aree in soliflusso presenti all'interno del lotto 4a e la descrizione delle opere di protezione previste lungo la linea e lungo le viabilità.

In particolare si riportano tabelle riepilogative con le tratte coinvolte dai soliflussi sulla linea ferroviaria e sulle viabilità, in cui si descrive la lunghezza del tratto di applicazione degli interventi di mitigazione e la sezione tipologica di riferimento.

LINEA FERROVIARIA				
WBS	da pk	a pk	Ltratto [m]	SEZIONE TIPO
RI53 (VLS)	1850	1930	80	Rilevato
TR05	2839	2887	48	Solo fosso di raccolta in sx
RI07	2887	2912	25	Rilevato
RI09	3700	3950	250	Rilevato

VIABILITA' e PIAZZALI				
WBS	da pk	a pk	Ltratto [m]	SEZIONE TIPO
NV05E	950	1100	150	Rilevato
PT94	-	-	-	Solo bonifica profonda sotto al piazzale (1m oltre lo scotico)
PT95	-	-	-	Solo bonifica profonda sotto al piazzale (1m oltre lo scotico)
NV97	0	125	125	Rilevato
	475	550	75	Rilevato
	550	575	25	Trincea
	575	625	50	Rilevato

Di seguito si presentano le sezioni tipologiche proposte in corrispondenza dei soliflussi in corrispondenza di ogni singola tipologia di opera.

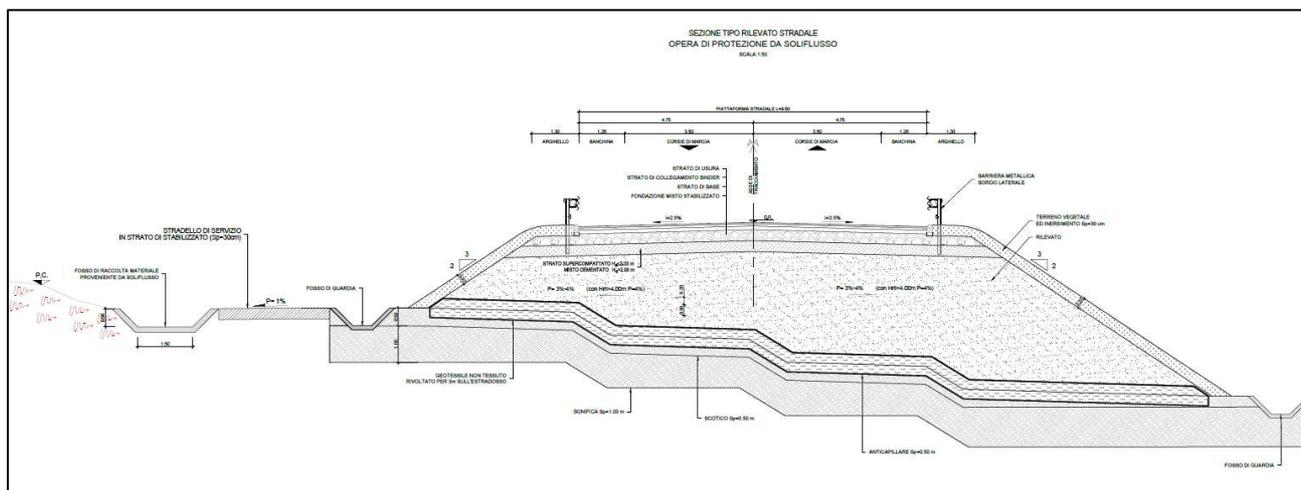


Figura 2: Sezione tipo rilevato stradale – opera di protezione da soliflusso

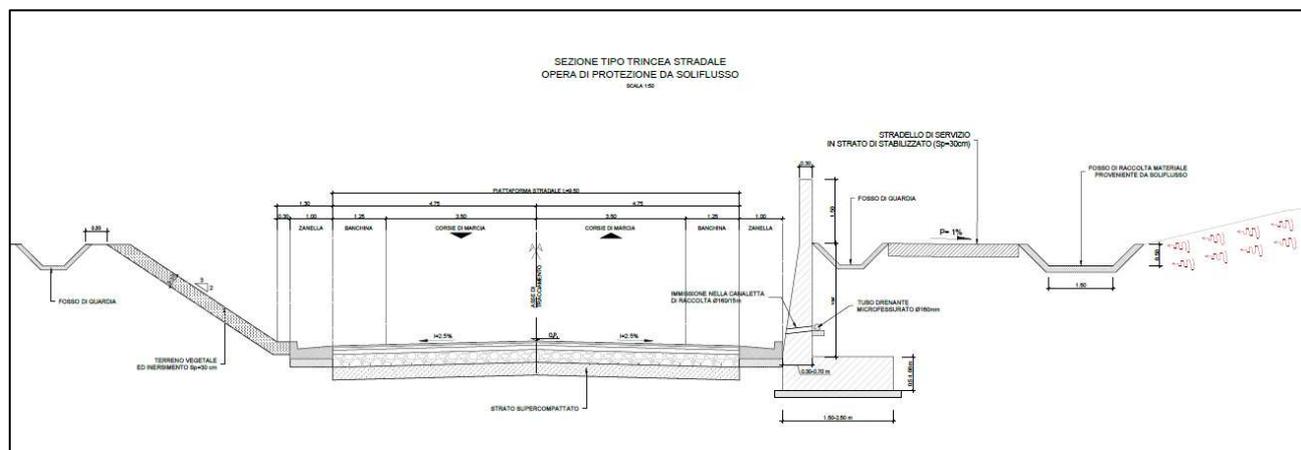


Figura 3: Sezione tipo trincea stradale – opera di protezione da soliflusso

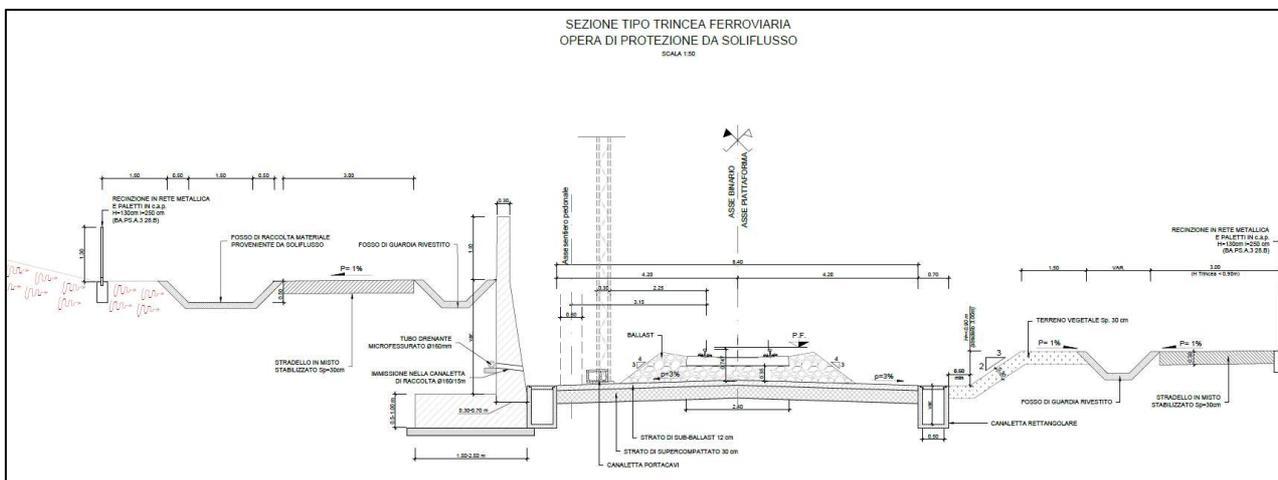


Figura 4: Sezione tipo trincea ferroviaria – opera di protezione da soliflusso

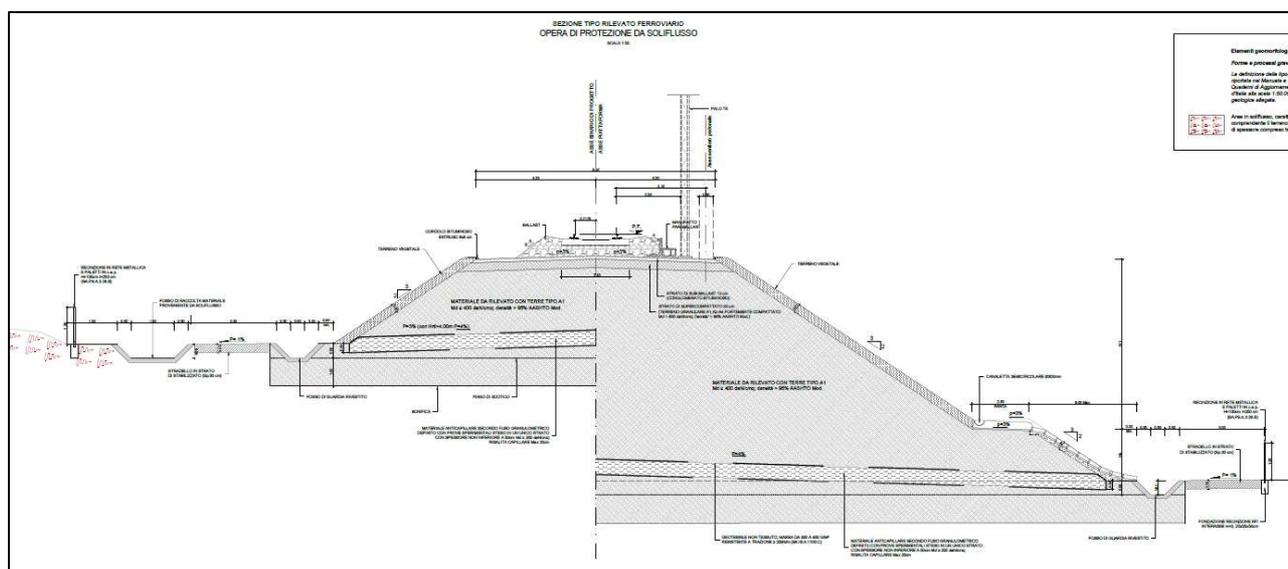


Figura 5: Sezione tipo rilevato ferroviario – opera di protezione da soliflusso

Gli interventi di protezione tipologici previsti consistono nella realizzazione a monte delle opere (trincea e rilevato, sia ferroviari che stradali) di opportuni fossi di guardia, distinti da quelli marginali eventualmente già previsti, di dimensioni 150x50 con pareti inclinate di 45° ed uno stradello adiacente per la manutenzione.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

Dalla caratterizzazione geologica si evince che il soliflusso è un fenomeno lento che coinvolge spessori modesti. Le opere che si prevedono hanno lo scopo di raccogliere il materiale che lentamente si accumula nel fosso e periodicamente rimuoverlo.

Si sottolinea pertanto la necessità di una manutenzione periodica dei fossi di raccolta del materiale proveniente dal soliflusso. Ed inoltre si evidenzia la necessità di ispezionare tali fossi sia dopo eventi piovosi di lunga durata, che dopo eventi brevi ed intensi.

## **8. METODOLOGIA GENERALE DI ANALISI DEI MOVIMENTI**

Lo schema generale della metodologia di lavoro adottata è riportato in seguito:

- Analisi del quadro geomorfologico e dei dissesti
- Integrazione di indagini geofisiche, geognostico e monitoraggio piezometrico
- Analisi morfologica locale dei versanti e riscontro con le curve di livello
- Determinazione di una caratterizzazione geotecnica generale
- Svolgimento della Back Analysis
- Caratterizzazione geotecnica delle frane
- Definizione e dimensionamento delle opere e degli interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica

Nello specifico, invece, si è operato come di seguito sintetizzato:

### **Con riferimento al modello geologico (Fase I)**

- Individuazione dei movimenti interferenti con le opere
- Classificazione dei dissesti
- Stato: attivo o quiescente
- Causa di innesco

### **Definizione del modello geotecnico (Fase II)**

- Stratigrafia (a partire dal modello geologico)
- Geometria del cinematisimo (da dati inclinometrici o a partire dalle osservazioni geologiche)
- Parametri geotecnici (caratterizzazione geotecnica generale, correlazioni di letteratura in funzione dell'indice di plasticità)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

- Condizioni al contorno (posizione della falda da sondaggio piezometrico o da ipotesi idrogeologiche)

#### **Back analysis per verifica del modello geotecnico (Fase III):**

- Definizione del fattore di sicurezza attraverso i metodi di equilibrio limite
- Imposizione condizioni al contorno (Falda, cinematicismo)
- Modifica delle condizioni al contorno (falda, geometria, rivalutazione dell'angolo d'attrito caratteristico), nel caso in cui il coefficiente di sicurezza ottenuto nella fase precedente non risulta coerente con lo stato del dissesto (attivo/quiescente) fino a ottenere il valore di angolo di attrito in accordo con lo stato del dissesto.

#### **Dimensionamento intervento secondo Normativa (Fase IV):**

- Metodi equilibrio limite / metodi agli elementi finiti

### **9. PROVE DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO**

Non si hanno a disposizione prove di taglio diretto residuo.

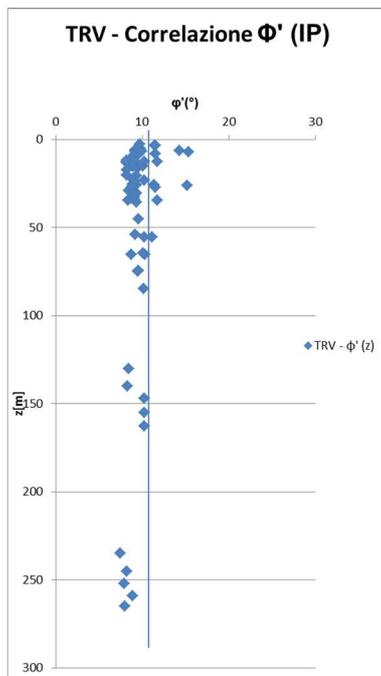
### **10. DEFINIZIONE DELL'ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO DA CORRELAZIONI EMPIRICHE**

Per la definizione dell'angolo di attrito residuo sono state considerate le prove di taglio diretto "a residuo" disponibili, in numero esiguo e spesso a profondità di prelievo superiore rispetto alla profondità della maggior parte dei corpi di frana identificati per cui non si dispone di dati inclinometrici. La scelta dell'angolo di attrito residuo da associare ad ogni corpo franoso si basa in primis sull'esito delle prove di laboratorio, con riferimento a valori comunque plausibili, scartando quindi valori eccessivamente bassi oppure alti in relazione ai valori medi, anche considerando il fatto che molte prove hanno evidenziato valori non nulli della coesione residua, comunque non utilizzati nelle analisi. I valori di letteratura si sono utilizzati in assenza di prove o per confronto con quelle disponibili.

In presenza di tale condizione progettuale un'alternativa è stata quella di utilizzare correlazioni empiriche derivanti da letteratura e dedicate ai terreni con una frazione argillosa prevalente quali: TRV.

Per questi terreni è stato possibile ottenere un valore dell'indice di plasticità a cui viene associato un valore di angolo di attrito residuo secondo la formula di Kanji, 1974 riportata in seguito:

$$\phi'_R = \frac{46,6}{I_p^{0.446}}$$



**Figura 6 – Correlazione angolo di attrito residuo con IP (Kanji, 1974)**

In genere si può concludere che con la presente correlazione si ottengono i valori di angolo di attrito residuo per una profondità tra 0 e 10m intorno a 10° per la formazione TRV

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 50 di 130

## **11. MODELLO GEOTECNICO**

Si riportano in seguito i dissesti individuati e oggetto di studio sia per la successiva back analysis che per le opere di presidio.

Per le frane denominate 97 e 101 relative all viabilità NV97 e relative alla WBS NW02 (viadotto) si rimanda alla specifica relazione tecnica e di calcolo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 004</b>	REV. <b>C</b>

**Tabella 2 – Parametri modello geotecnico di studio – LOTTO 4**

FRANA ID	GRUPPO GEOTECNICO	TIPO	STATO	RIFERIMENTO	CARATTERISTICHE DEL MODELLO GEOTECNICO								
					PROFONDITA' MEDIA DEL CORPO DI FRANA m.d.p.c.	Inclinazione verticale (°)	Riferimento	Profondità falde m.d.p.c.	RIFERIMENTO	ANGOLO RESIDUO φ(°)	RIFERIMENTO	ANGOLO RESIDUO	RIFERIMENTO
2	TRV	Colamento	Attiva	Modello geologico	2,4	10,25	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
29	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2,4	10,25	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
30	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2,4	25,35	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
31	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2,4	15,20	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
31a	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2,4	10,45	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	LABORATORIO	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
91	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2,4	10,15	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
92	TRV	Colamento	Attiva	Modello geologico	2,4	25,30	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
93	TRV	Colamento	Attiva	Modello geologico	7,8	25,30	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
171	TRV	Colamento	Attiva	Modello geologico	3,4	25,32	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
31v	TRV	Colamento	Attiva	Modello geologico	3,4	25,33	Modello geologico	-2,00	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

## 12. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DISSESTI

Nel presente capitolo verranno analizzate le sole frane, fra quelle descritte precedentemente ed analizzate dal punto di vista geomorfologico, che risultano potenzialmente o direttamente interferenti con le opere in progetto, sia lungo la linea che sulle viabilità.

Per ogni dissesto, l'analisi geotecnica che viene eseguita in questa sede ha lo scopo di individuare un modello che, partendo inizialmente da quello geologico, vuole definire tutti quegli elementi al contorno ("livello piezometrico critico", spessore, forma, estensione,...) che prefigurano una condizione di incipiente instabilità del corpo franoso ( $FS < 1$ ): esso non rappresenta quindi necessariamente una back analysis dello stato attuale ma un modello che poi verrà utilizzato per il dimensionamento degli interventi previsti.

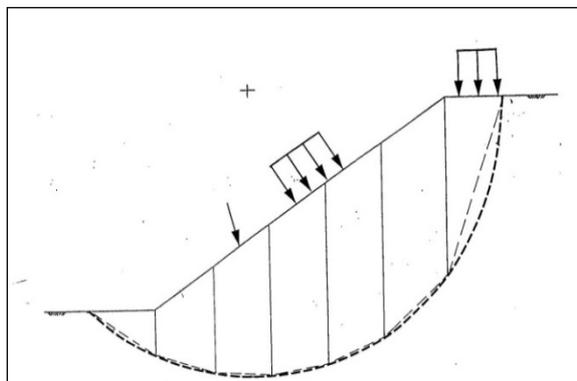
Le frane esaminate vengono distinte dal punto di vista geologico come attive o quiescenti in quanto hanno mostrato dei movimenti recenti (attive) oppure in un passato comunque recente (quiescenti). Questa distinzione perde di significato dal punto di vista geotecnico ipotizzando quindi che esse siano attualmente caratterizzate da un coefficiente di sicurezza prossimo all'unità: il motore che favorisce l'instabilità ( $FS < 1$ ) di questi corpi è l'innalzamento del livello piezometrico, ad un valore maggiore o uguale rispetto a quello attualmente misurato, dovuto alle precipitazioni, oltre che ovviamente le azioni sismiche.

Il modello geotecnico che viene definito alla fine quindi può coincidere con quello geologico, dal punto di vista geometrico (spessore frana, forma...) e per livello critico di falda ipotizzato, (Vd. capitoli precedenti), oppure può discostarsene leggermente nel caso in cui la combinazione di questi fattori, unitamente alle caratteristiche di resistenza prefissate della coltre (angolo di attrito residuo derivato dalle prove di laboratorio e/o dalle correlazioni di letteratura), non evidenziasse da calcolo una condizione di incipiente instabilità ( $FS < 1$ ).

In questo scenario si illustrano di seguito: la descrizione delle ipotesi di calcolo e i relativi risultati, il criterio di determinazione dell'angolo di attrito, i risultati dell'analisi di stabilità all'equilibrio limite e l'indicazione delle modifiche delle condizioni al contorno apportate al fine di ottenere un fattore di sicurezza appena inferiore ad 1, dimensionamento dell'intervento e verifiche, monitoraggio.

Per l'analisi all'equilibrio limite si è utilizzata la teoria di Morgenstern e Price ed il software Slope/w

Il programma utilizzato, ovvero il software Slope/w si basa sull'applicazione di diversi metodi dell'equilibrio limite in condizioni bidimensionali quali il metodo di Bishop semplificato (1955), quello di Janbu semplificato (1973) e quello rigoroso di Morgenstern-Price (1965). I fattori di sicurezza presi in considerazione nel seguito sono stati ottenuti tramite il metodo di Morgenstern-Price.



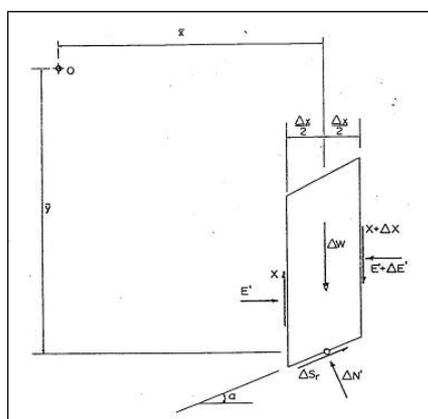
**Figura 7 – Blocco di terreno instabile suddivisione in conci**

Il metodo valuta le condizioni di stabilità di un pendio naturale o di una scarpata artificiale ricercando per tentativi la superficie di scivolamento "critica", ossia quella a cui compete il coefficiente di sicurezza  $F_s$  minimo, e verificando se tale valore risulta maggiore o minore di 1.

Il valore di  $F_s=1$  corrisponde ad una situazione di incipiente scivolamento del pendio lungo la superficie di scorrimento considerata.

Il metodo si basa sulla considerazione dell'equilibrio di un blocco (o "cuneo") rigido di terreno rappresentato nella figura che segue.

Il cuneo è soggetto sia all'azione del peso proprio sia a quella di eventuali forze esterne di varia natura (sovraccarichi verticali, azioni dei tiranti, forze di inerzia sismiche, ecc.); inoltre è possibile considerare la presenza della falda all'interno del pendio, trascurando il fenomeno di filtrazione.



**Figura 8 – Forze agenti sui conci**

A questo scopo il blocco viene dapprima suddiviso in conci e l'equilibrio globale è analizzato come somma dell'equilibrio di ciascuno di essi facendo delle assunzioni semplificative sulle forze reciproche

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

tra i conici. Il metodo consente di valutare un valore del coefficiente di sicurezza medio della superficie di scivolamento ( $F_s=1$ ) definito come:

$$F_s = \frac{(\tau_{ult})_m}{\tau_m}$$

essendo:

$(\tau_{ult})_m$  = resistenza al taglio media del terreno lungo la superficie di scivolamento

$\tau_m$  = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

Il programma ricerca automaticamente la superficie di scorrimento "critica" con un procedimento iterativo basato sul tracciamento automatico delle superfici circolari e sul successivo calcolo del coefficiente di sicurezza di ciascuna di esse. A questo proposito viene dapprima individuato un settore di passaggio (o un punto) comune a tutte le superfici di scivolamento (ad esempio: un tratto su uno dei contorni del pendio) ed una griglia di punti che vengono utilizzati come centro delle varie possibili superfici di scivolamento. Per ciascuna di esse viene eseguito il calcolo del coefficiente di sicurezza ed il valore più piccolo tra quelli ottenuti è assegnato all'intero pendio. Eventualmente la procedura può essere ripetuta imponendo altri vincoli alle superfici di scivolamento in modo da migliorare l'affidabilità della ricerca.

Oppure, come applicato nei casi che seguono, la geometria della superficie di scivolamento, la posizione della falda, e il centro del cerchio critico vengono assegnati dall'utente e il software provvede alla discretizzazione in strisce e al calcolo del fattore di sicurezza nelle condizioni imposte.

La posizione del centro del cerchio critico è stata ricercata valutando la modalità precedentemente esplicitata a maglia di centri e rette tangenti selezionando il cerchio fornente la superficie di scivolamento più prossima a quella desiderata.

Le analisi vengono eseguite considerando dapprima come dato di input la sezione geologica di studio individuata nelle fasi di caratterizzazione precedenti. In questa, come già evidenziato, sulla base di osservazioni e ipotesi geologiche in relazione ai dati a disposizione (carte geologiche, sondaggi stratigrafici, ecc), sono state ipotizzate: la stratigrafia per ogni sezione, la geometria del corpo di frana e la posizione "critica" della falda, oltre ovviamente le misure piezometriche attuali disponibili e la presenza degli inclinometri installati.

Nel corso dello studio in fase geotecnica alcune di queste ipotesi sono state modificate in modo da ottenere una soluzione plausibile in relazione agli angoli di attrito residuo ottenuti dai risultati delle prove di taglio diretto "a residuo" ( $c' = 0$ ) e/o dalle correlazioni empiriche utilizzate. Le ipotesi cui si riferisce sono in particolare: la geometria del corpo di frana e la posizione della falda critica facendo attenzione a mantenere invariata la posizione della nicchia di distacco, più precisamente identificata e localizzata nel modello geologico (in quanto visibile da ispezioni visive in situ).

Successivamente per ogni corpo di frana individuato si presenta un capitolo in cui vengono illustrate ipotesi, gli input di calcolo geotecnici e i risultati in termini di FS raggiunto ( $FS < 1$ )-

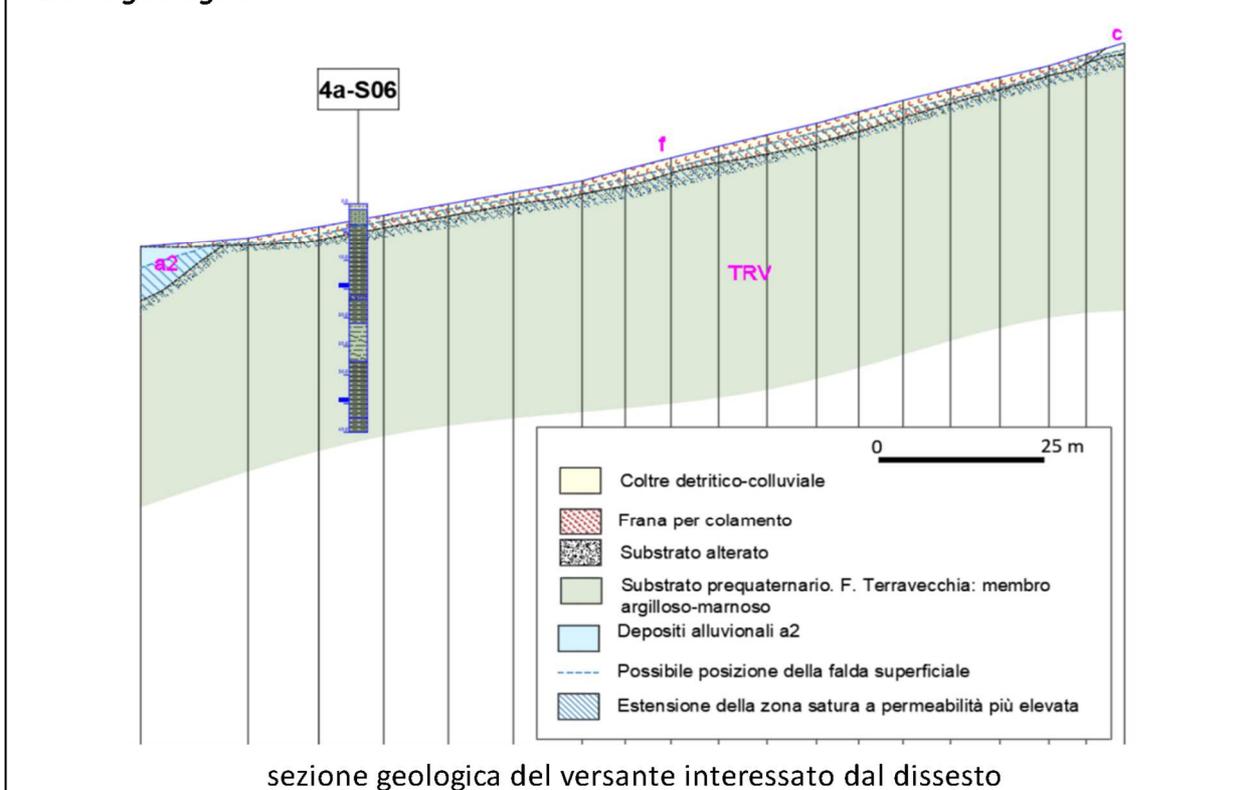
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 12.1 DISSESTO ID 2 – PK 1+500

#### Scheda

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>		L4_VI02_dissesto n.2 -23/08/2019	
<b>opera</b>	LOTTO 4 - Viadotto VI02		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento		
<b>stato di attività</b>	attivo		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	62	quota coronamento:	425
lunghezza (dal coronamento al piede):	170	quota piede:	388
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	1-2		
dislocazione:	10		
pendenza versante:	10-15°		
	uso del suolo: aree incolte, aree coltivate		
	I movimenti coinvolgono la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, con locali denudamento del substrato meno alterato, per uno spessore di 2 m circa		
<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-S04, 4a-S06 e 4a-S06bis i cui dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.		

### Sezione geologica

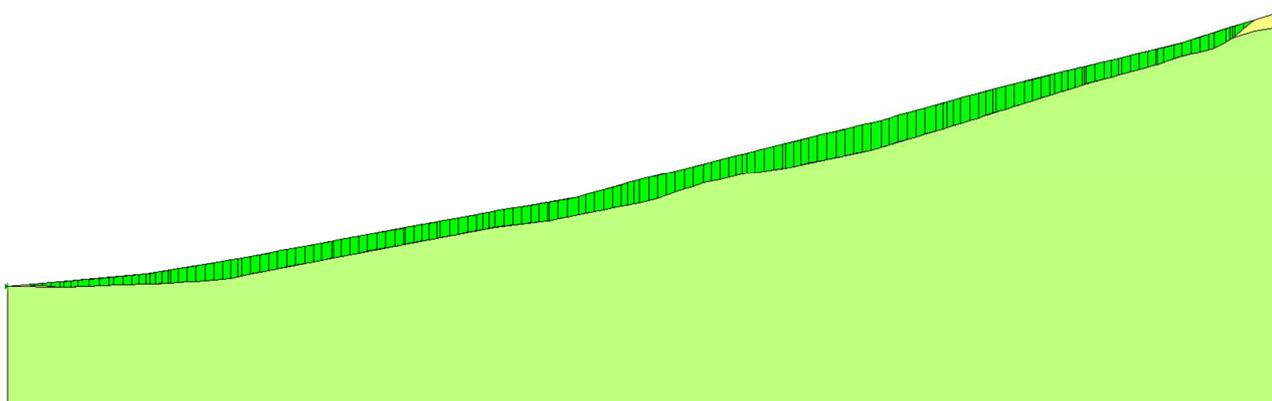


### Ipotesi di calcolo e risultati

Le ipotesi del modello geotecnico non rispecchiano quelle del modello geologico: il corpo di frana costituito da coltre su substrato di TRV con una profondità del corpo di frana pari a 3m.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 004	A	57 di 130



Terreno	F	$\phi'$
Coltre (TRV)	0.99	14°

Tabella 3 – Sezione 2 – Parametri

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

## 12.2 DISSESTO ID 91 – PK 12+800

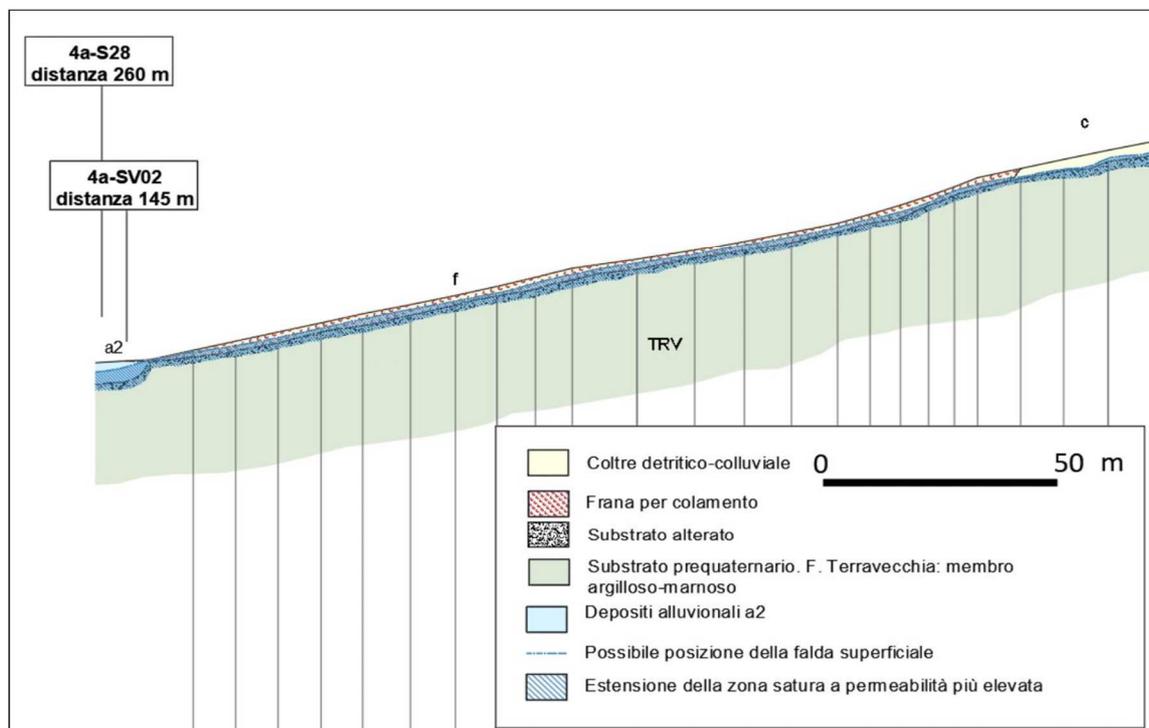
### Scheda

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_NV98_dissesto n.91 -25/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 4 - Viabilità NV98		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento		
<b>stato di attività</b>	attivo		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	65	quota coronamento:	360
lunghezza (dal coronamento al piede):	155	quota piede:	330
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	'2-3		
dislocazione:	10		
pendenza versante:	10-15°		
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate		
I movimenti coinvolgono la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, con locali denudamenti del substrato meno alterato, per uno spessore di 2 m circa			
<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-S28, 4a-S28a, 4a-S29 e 4a-V02, i cui risultati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.		

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 004	A	59 di 130

### Sezione geologica



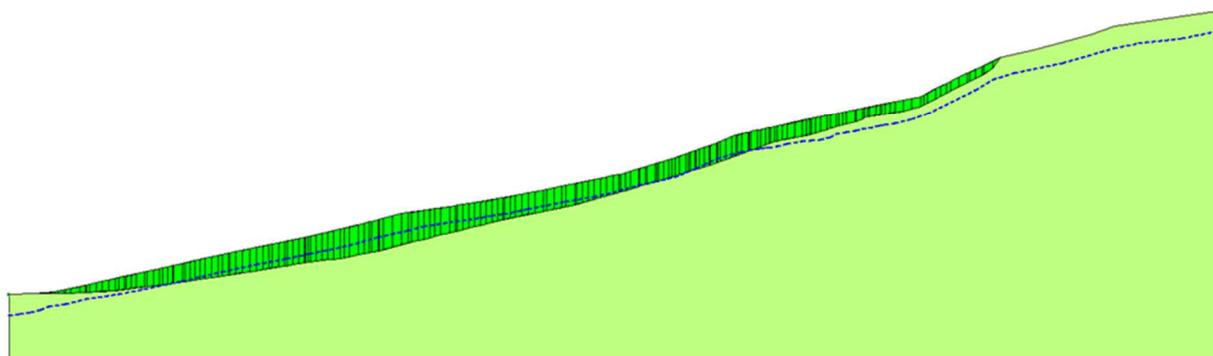
sezione geologica del versante interessato dal dissesto

### Ipotesi di calcolo e risultati

Le ipotesi del modello geotecnico non rispecchiano quelle del modello geologico: il corpo di frana costituito da coltre su substrato di TRV con una profondità pari a 7m.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 004	A	60 di 130



Terreno	F	$\Phi'$
Coltre (TRV)	0.97	14°

Tabella 4 – Sezione 91 – Parametri

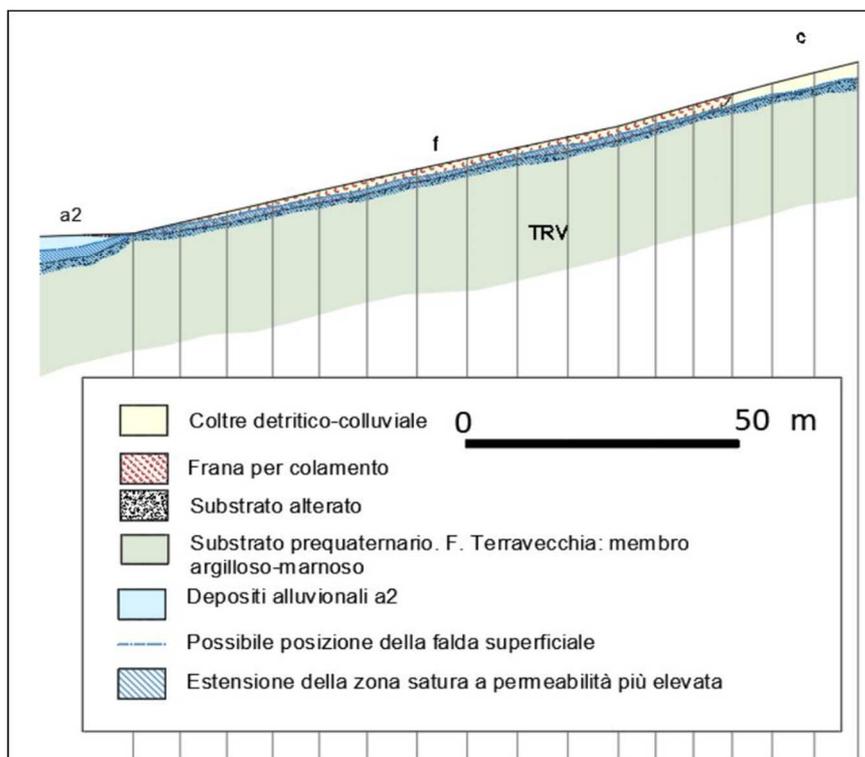
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 12.3 DISSESTO ID 92 – PK 12+900

#### Scheda

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L4_NV98_dissesto n.92 -25/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 4 - Viabilità NV98		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento		
<b>stato di attività</b>	attivo		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	44	quota coronamento:	356
lunghezza (dal coronamento al piede):	116	quota piede:	330
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	'2-3		
dislocazione:	10		
pendenza versante:	25-30°		
uso del suolo: aree incolte, aree coltivate			
I movimenti coinvolgono la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, con locali denudamenti del substrato meno alterato, per uno spessore di 2 m circa			
<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 4a-S28, 4a-S28a, 4a-S29 e 4a-V02, i cui risultati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.		

### Sezione geologica



sezione geologica del versante interessato dal dissesto

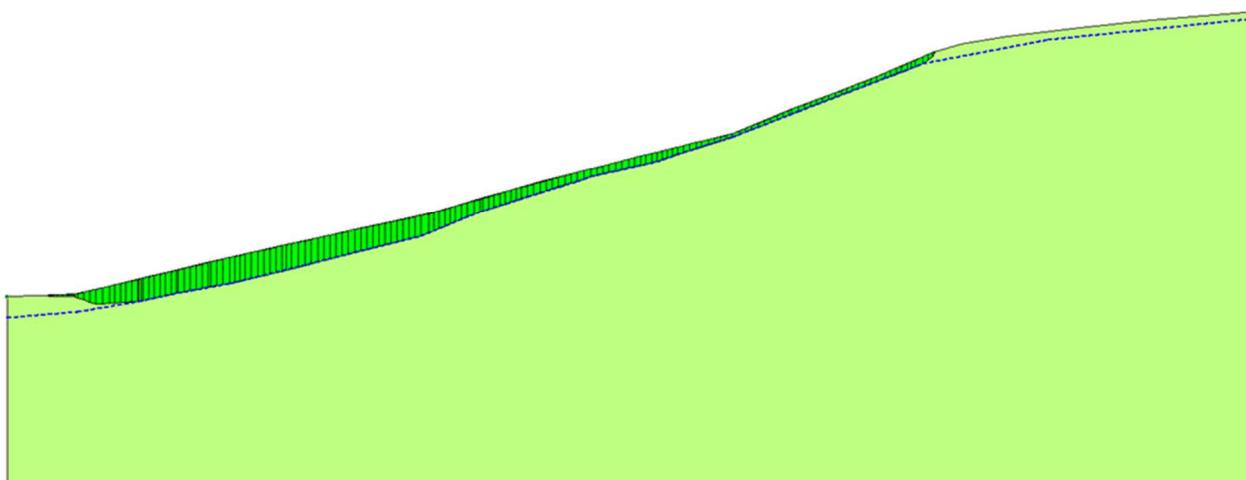
### Ipotesi di calcolo e risultati

Le ipotesi geometriche e idrauliche del modello geotecnico non rispecchiano quelle del modello geologico: il corpo di frana costituito da coltre su un substrato di TRV con una profondità pari a 5m.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 004	A	63 di 130

80.57646, 146.36252



Terreno	F	$\Phi'$
Coltre (TRV)	0.98	14°

Tabella 5 – Sezione 92 – Parametri

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A	FOGLIO 64 di 130

#### 12.4 OPERE DI PRESIDIO

Il dimensionamento delle opere di presidio per le frane in studio è stato effettuato selezionando un singolo caso, il più sfavorevole, per cui si è proceduto al calcolo dell'”opera tipo” da prevedere, nella fattispecie di una berlinese di pali a sezione circolare con una trave di coronamento in testa

Nei paragrafi seguenti se ne illustrerà il tipo di opera, l'analisi e la verifica secondo le vigenti norme tecniche per le costruzioni

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13. OPERE DI MITIGAZIONE

#### 13.1 INTRODUZIONE

Nel presente capitolo si illustrano le analisi e le verifiche secondo la normativa vigente delle opere di mitigazione delle frane che interferiscono con le opere.

Si sono scelte le cinque sezioni più rappresentative, le cui analisi sono state effettuate usando il software agli elementi finiti Paratie Plus 14.

Il tipo di opera è quello di una paratia in calcestruzzo armato C25/30 composta da 1 fila di pali  $\Phi 1000$  passo 1.2m con un'armatura longitudinale composta da ferri  $\Phi 30$  e spirali  $\Phi 14$  passo 20 cm per le frane 2,91,92 e con profondità di infissione 15 m d.p.c.

Queste paratie saranno predisposte a valle della frana a protezione delle fondazioni dei plinti del viadotto NW02.

#### 13.2 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'immagine seguente mostra l'intervento tipologico applicato per la stabilizzazione delle frane individuate.

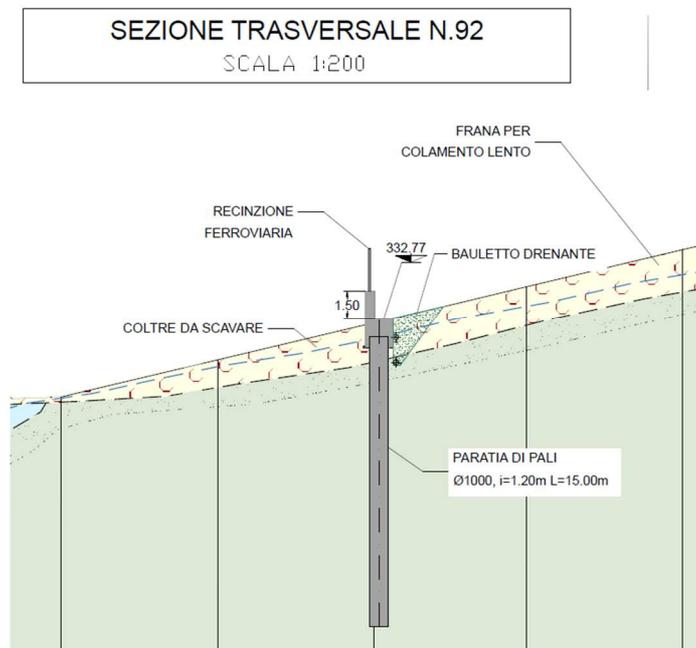


Figura 9 – Esempio: intervento tipologico

Esso consiste in una paratia di pali della lunghezza di 15 m. In testa è disposta una trave di coronamento che sporge al di sopra del pian campagna la cui funzione è anche quella di protezione. A monte della paratia è previsto uno scavo e la disposizione di materiale grossolano drenante che, a sua volta ha anche una funzione stabilizzante. La sua funzione è quella di convogliare le acque nel tubo di raccolta evitando l'accumulo di acqua, e relativa spinta, alle spalle della paratia stessa.

### 13.3 ANALISI

Ai fini del dimensionamento dell'opera di sostegno si sono considerate le frane più critiche n.2, 91,92 (maggiori in spessore ed inclinazione del versante) considerando gli spessori di frana più elevati fra quelli ipotizzati (oltre che le altre caratteristiche come le pendenze del versante), e presenti nel lotto in esame. Il principio è quello secondo cui ad un volume di terra maggiore corrisponde una forza stabilizzante più elevata che quindi deve essere fornita dall'opera in progetto. Si riportano in seguito le immagini delle frane selezionate cui si riferiscono le opere di presidio verificate.

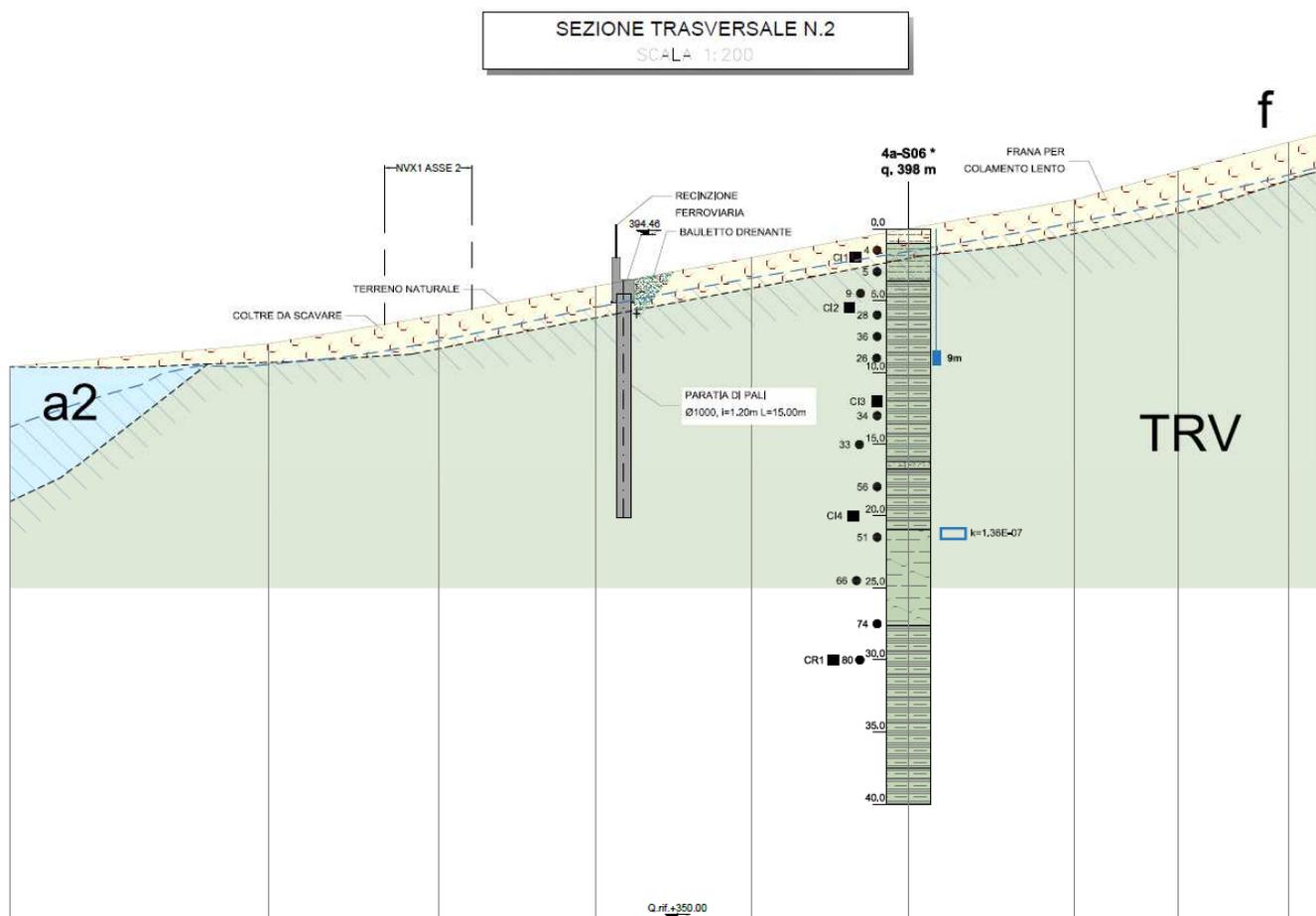
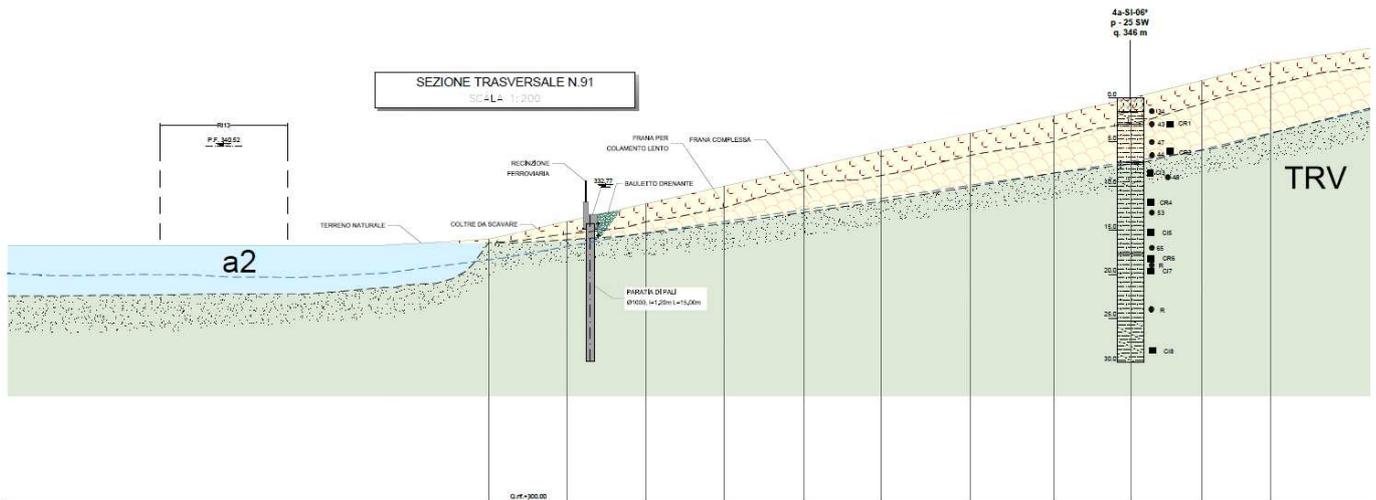
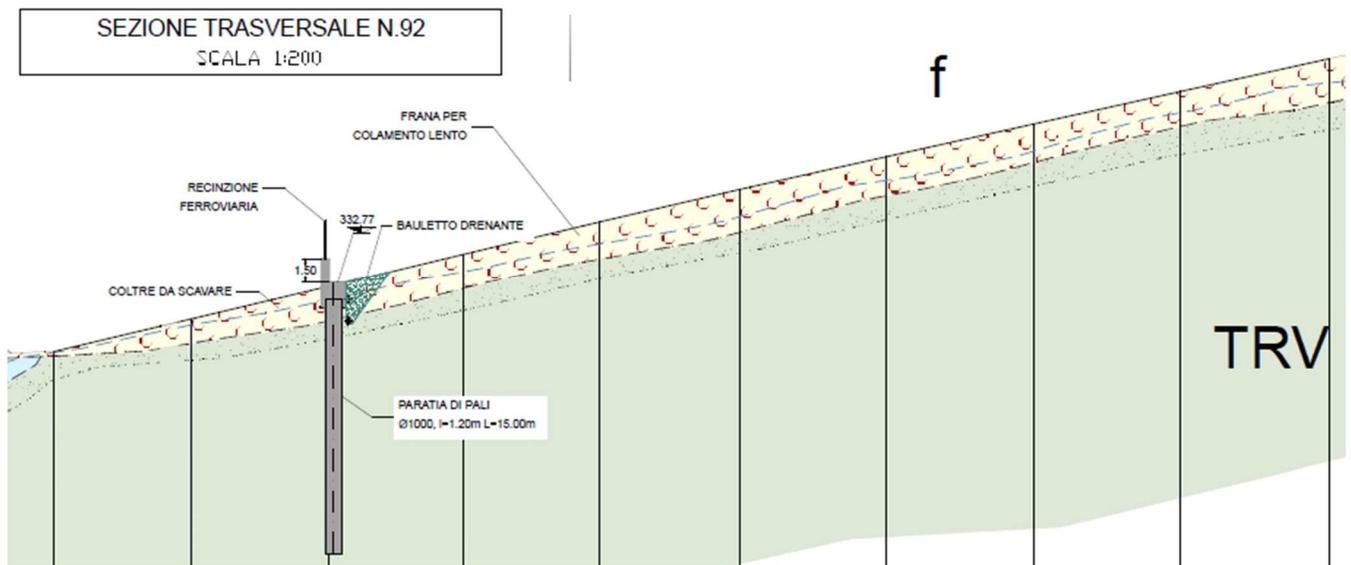


Figura 10: Frana numero 2



**Figura 11: Frana numero 91**



**Figura 12: Frana numero 92**

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 004	A	68 di 130

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

La fase di analisi si è svolta in 2 step:

Approccio A2+M2(GEO) per Paratia

- Definizione della forza stabilizzante (Analisi SLOPE con parametri caratteristici residui ridotti) da fornire al corpo di frana per stabilizzarla fino ad ottenere un coefficiente pari almeno ad 1.1.
- Tale forza verrà applicata nell'analisi della paratia (Analisi Paratie plus) per la corrispondente analisi GEO (approccio A2+M2+R1), che prevede anche in questo caso la riduzione dei parametri geotecnici (substrato). Si verifica la convergenza del modello e l'equilibrio geotecnico.

Approccio A1+M1+R1 per Paratia

- Definizione della forza stabilizzante (Analisi SLOPE con parametri caratteristici residui) da fornire al corpo di frana;
- Tale forza verrà applicata nell'analisi della Paratia (Analisi Paratie plus) per la corrispondente analisi STR (approccio A1+M1+R1)

Per la prima fase è stato utilizzato il metodo dell'equilibrio limite secondo Morgenstern-Price con il software SLOPE/w inserendo nel modello geotecnico del corpo di frana, precedentemente definito, nella zona di installazione dell'opera una forza stabilizzante, il cui modulo è tale da alzare il fattore di sicurezza ad 1.1. Tale valore di fattore di sicurezza si ritiene accettabile alla luce dei dati di input disponibili in termini di geometria, geotecnica e geologia.

Si è analizzata sia una condizione statica che una condizione sismica per l'analisi SLOPE con parametri caratteristici.

La seconda fase di analisi è rivolta al progetto dell'opera di mitigazione e quindi alla determinazione delle sollecitazioni in fase statica ed in fase sismica utilizzando il software Paratie Plus 14.

Si specifica che la forza derivata dal modello Slope nella prima fase è stata poi posta nel modello di Paratie di seconda fase ad H/3 rispetto allo spessore della frana applicandolo all'opera di presidio come un carico distribuito triangolare quindi  $q = 2F/h$ .

Le ipotesi assunte nella determinazione del modello sono quindi le seguenti:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

- Applicazione nel corpo di frana di una forza stabilizzante applicata in corrispondenza della paratia secondo lo spessore (da piano campagna alla superficie di scivolamento), quindi distribuita secondo un carico triangolare.
- Resistenza trascurabile dello strato di coltre a valle della paratia
- Determinazione dei fattori di spinta attiva statica secondo la teoria di Muller-Breslau (1924)
- Determinazione dei fattori di spinta passiva secondo le teorie di Lancellotta (2002,2007)
- Carico sismico secondo la formulazione di Mononobe e Okabe (tale applicazione vale esclusivamente per il solo substrato)
- Falda posta nella sua posizione critica ipotizzata nel modello geotecnico
- Calcestruzzo classe C25/30
- In testa alla paratia è stato imposto un carico accidentale distribuito di 20 kPa simulante i mezzi in circolazione in cantiere.
- Per il calcolo si assume una pendenza media di estradosso del pendio in quanto molto variabile lungo la sezione e assumere la massima (15°) si è rivelata una ipotesi troppo gravosa e non verosimile

Nella tabella in seguito si illustrano i parametri utilizzati per il calcolo del  $k_h$  e del  $k_v$  utilizzati secondo il par :

Frana n	Cat. di suolo	ag	Ss	St	$a_{max}/g$	$B_s$	$k_h$	$k_v$	F [kN] STATICO	F [kN] SISMICO
2	C	0.0990	1.5	1	0.1485	0.24	0.035	0.017	380	550
91	C	0.0990	1.5	1	0.1485	0.24	0.035	0.017	265	550
92	C	0.0990	1.5	1	0.1485	0.24	0.035	0.017	375	800

Tabella 6 – Parametri di calcolo A1+M1+R1

La seconda fase di analisi è rivolta al progetto dell'opera di mitigazione e quindi alla determinazione delle sollecitazioni in fase statica ed in fase sismica utilizzando il software Paratie Plus 14.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.1 FRANA 2

SEZIONE 2				
<b>H</b>	3	[m]		
<b>peso specifico</b>	20	[kN/m <sup>3</sup> ]		
<b>angolo di attrito frana70 (A1-M1)</b>	14	[°]		
<i>ka=teoria di Muller Breslau</i>				
<i>kp=teoria di Caquot Kerisel</i>				
STATICO				
ka_statico	0,941	<b>Sa_statico</b>	<b>85</b>	<b>kN/m</b>
kp_statico	2,333	<b>Sp_statico</b>	<b>210</b>	<b>kN/m</b>
		<b>F_slope</b>	<b>380</b>	<b>kN/m</b>
SISMICO				
ka_sismico		<b>Sa_statico</b>	<b>0</b>	<b>kN/m</b>
kp_sismico	2,004	<b>Sp_sismico</b>	<b>180</b>	<b>kN/m</b>
		<b>F_slope</b>	<b>550</b>	<b>kN/m</b>

STAGE	FORZA DA INSERIRE SU PARATIE
STATICO	$380/3 \cdot 2 = 253$ KN
SISMA	$550/3 \cdot 2 = 366.7$ KN

Figura 13: Tabella frana numero 2 – Valori di spinta statica ( $S_p$  statica) e sismica ( $S_p$  sismica), forza derivante da analisi slope con contributo a valle

In seguito si riporta un'immagine del modello tipo determinato:

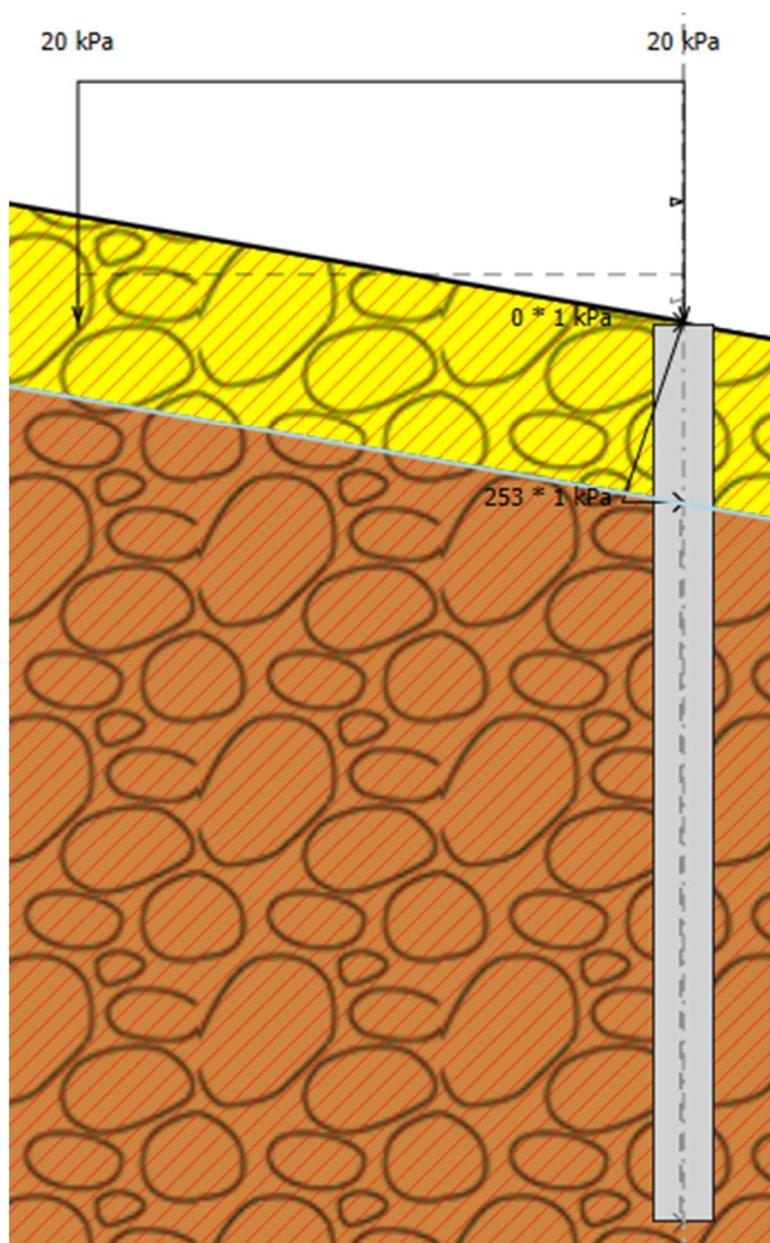


Figura 14: Frana numero 2 – Modello determinato

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

13.3.1.1 Risultati analisi strutturali (con parametri caratteristici)

13.3.1.1.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO
2	380

Tabella 7 – Forza stabilizzante

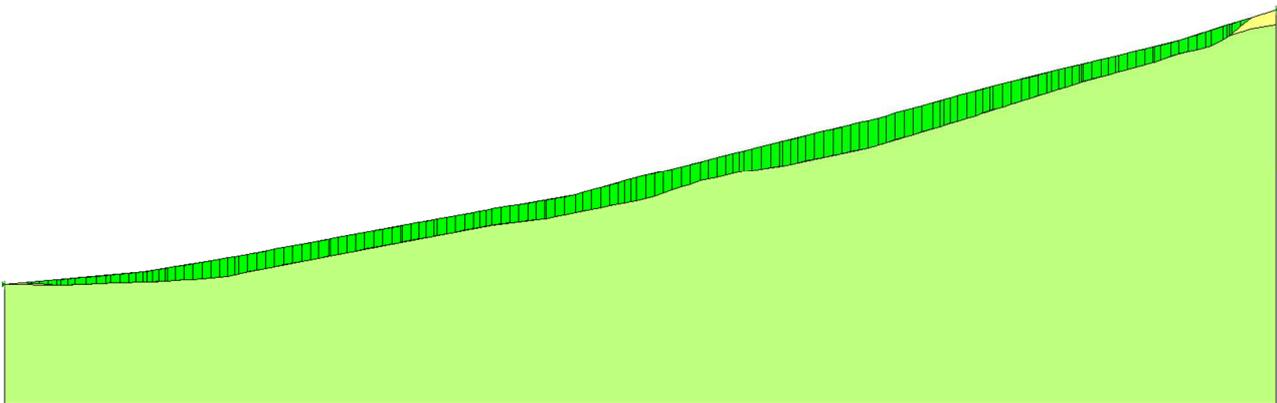


Figura 15: Frana numero 2 – Analisi Slope con parametri caratteristici (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.1.1.2 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 2 - Spessore coltre 3 m – Falda a 3 m d.p.c – inclinazione 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	24	0.593	0.306	2.007	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	24	0.593	0.462	4,398	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	24	0.593	0.306	1.3	100000

Tabella 8 – Parametri del modello – A1 + M1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

Si riportano in seguito i risultati ottenuti

### 13.3.1.1.3 Frana 2 – Momento Flettente

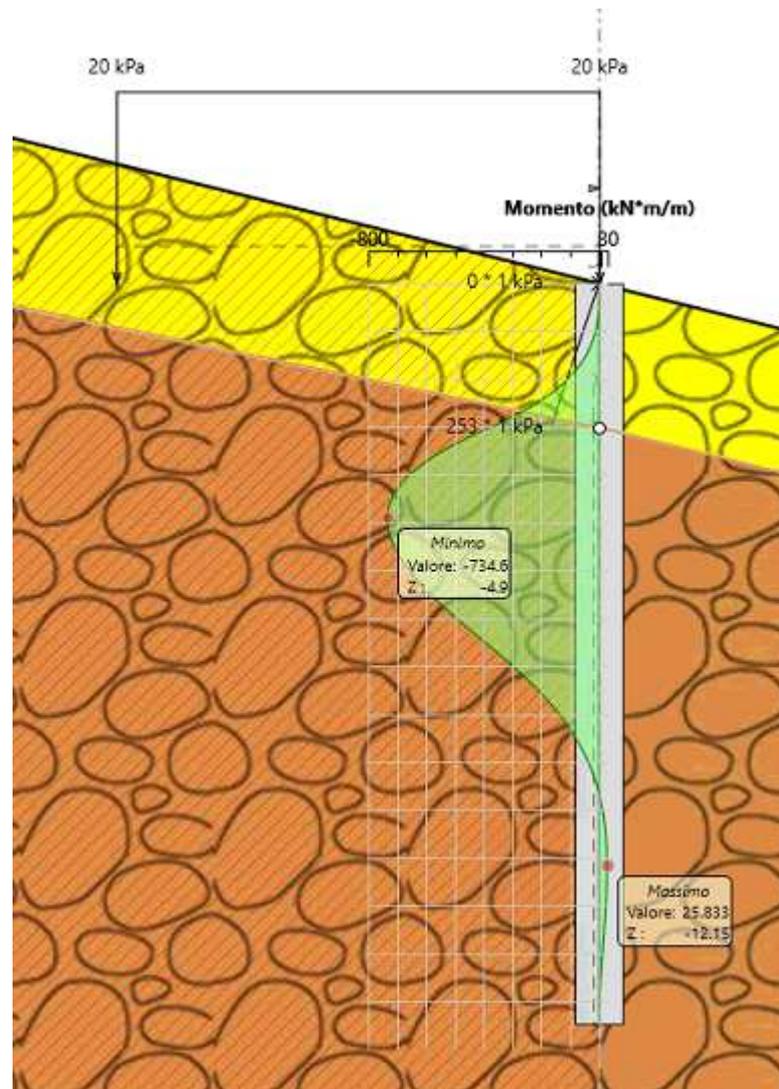


Figura 16: Frana numero 2 – A1 + M1 – Momento flettente – Valori Caratteristici

13.3.1.1.4 Frana 2 - Taglio

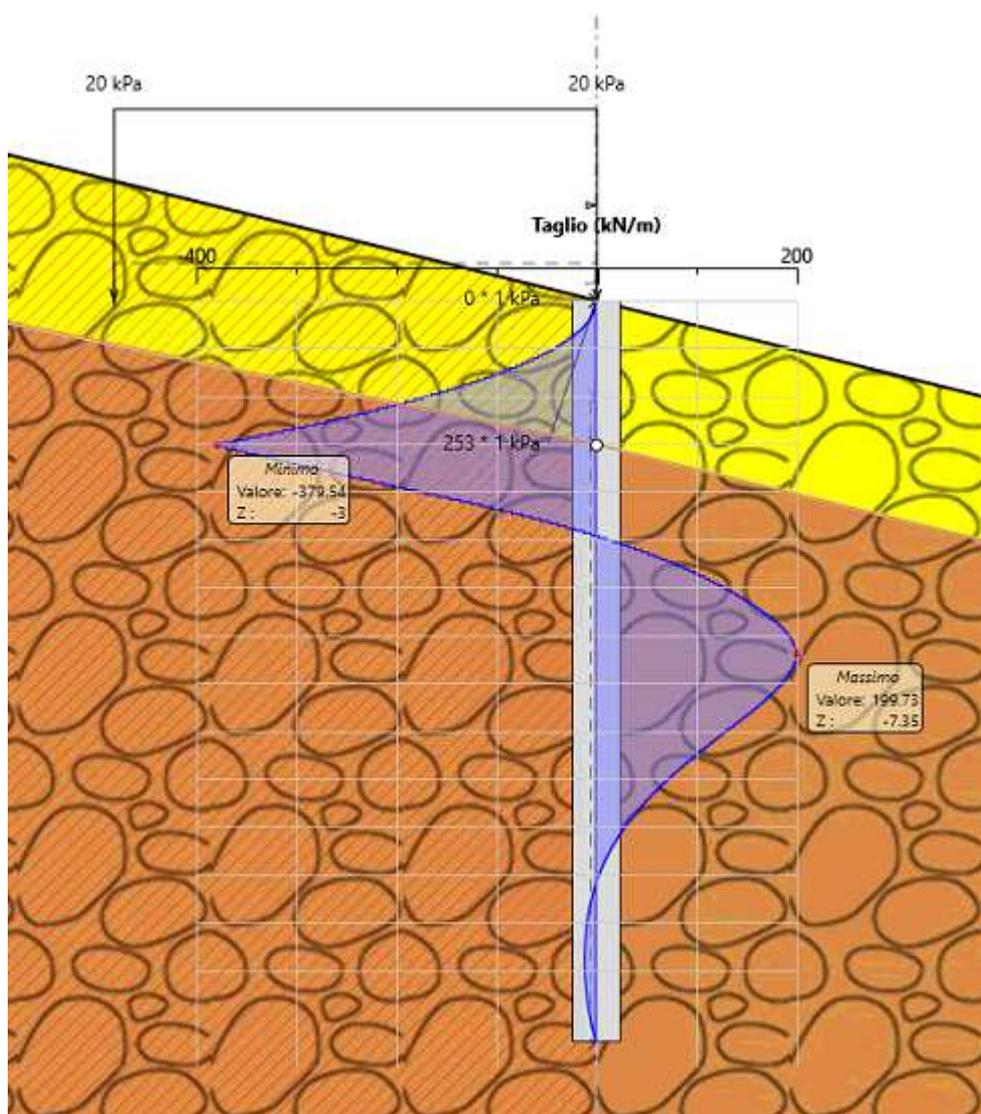


Figura 17: Frana numero 2 – A1 + M1 – Taglio – Valori Caratteristici

13.3.1.1.5 Frana 2 - Spostamento

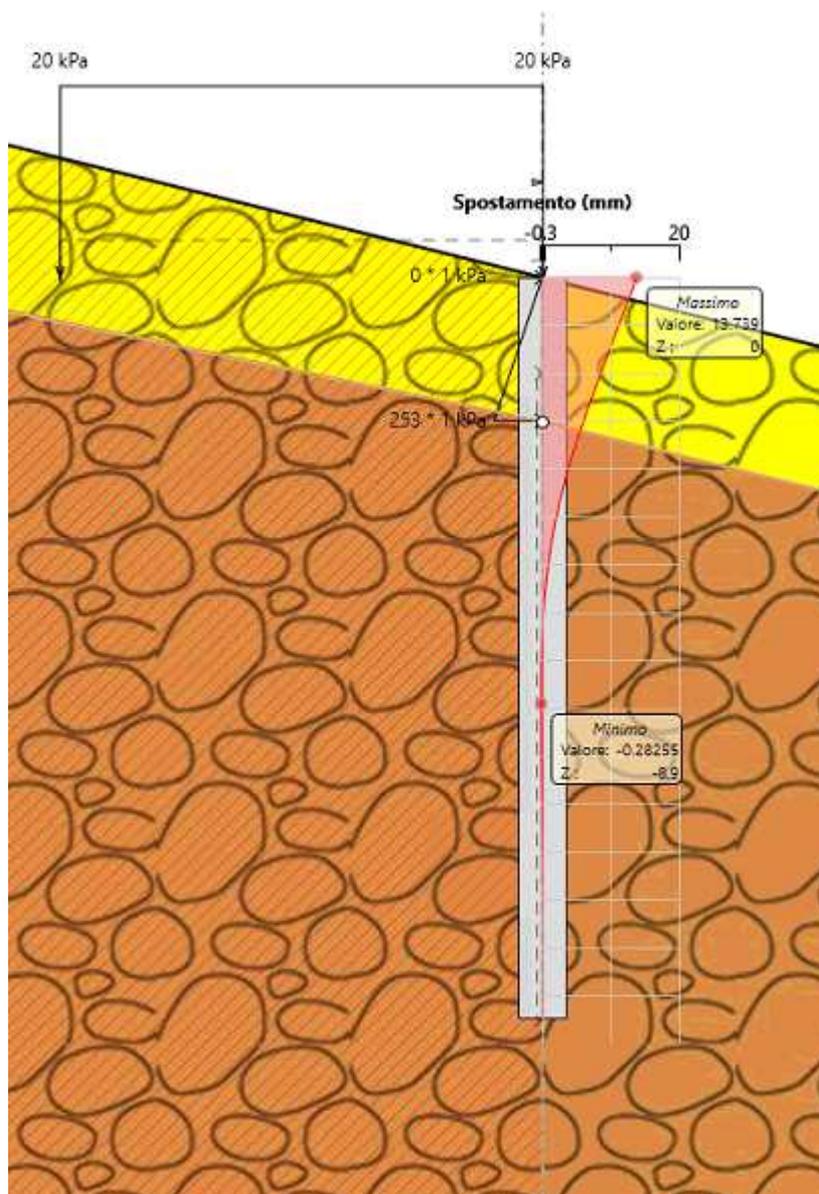


Figura 18: Frana numero 2 – A1 + M1 – Taglio – Valori Caratteristici

### 13.3.1.2 Risultati analisi strutturali sismiche

La fase sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe per la determinazione del fattore di spinta spinta attiva in fase sismica distribuendo l'incremento di carico ottenuto in modo uniformemente distribuito su tutta la paratia ( $\Delta S_E$ ) immersa nel TRV non in frana.

Si riporta un'immagine del modello utilizzato in paratie per l'analisi sismica:

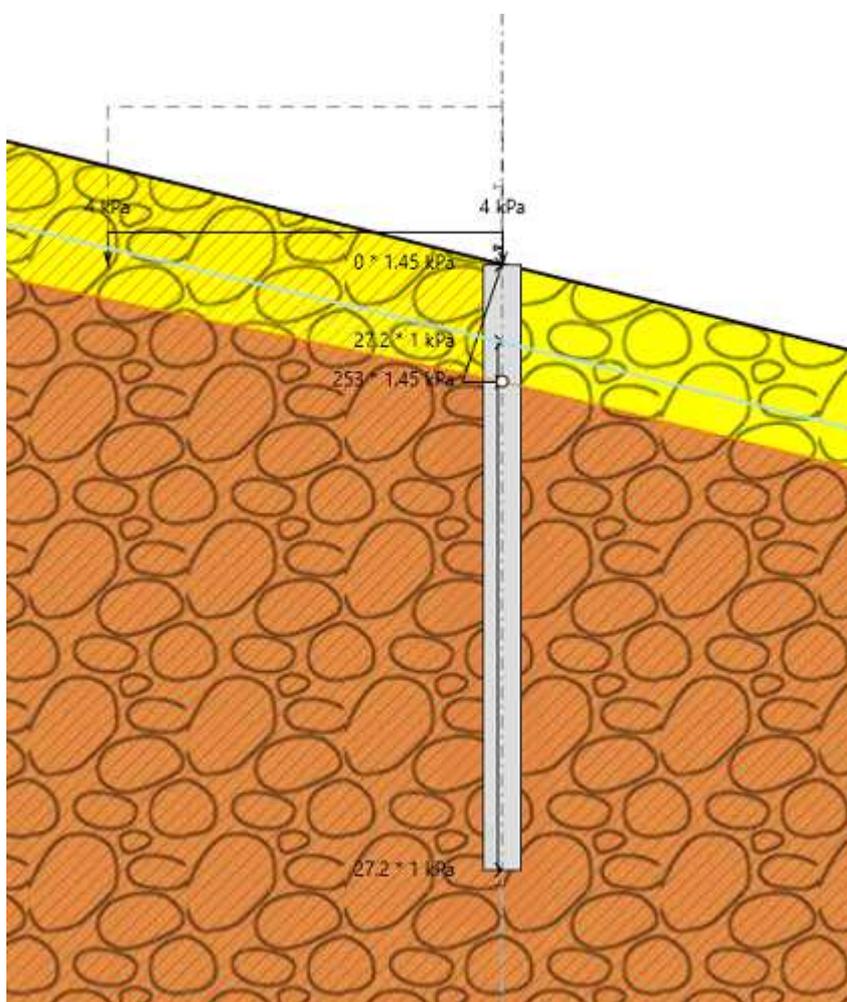


Figura 19 – Modello per analisi sismica

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 004	A	79 di 130

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

PARAMETRI SISMICI												
	htotale	ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	α <sub>attiva</sub>	α <sub>passiva</sub>	U <sub>s</sub>	β	kh <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>
91_monte	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
91_2 monte	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
91_valle	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
91_2 valle	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829

PARAMETRI SISMICI													
ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	H <sub>rot</sub>	α <sub>attiva</sub>	α <sub>passiva</sub>	U <sub>s</sub>	β	kh <sub>attiva</sub>	kv(±) <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>	kv(±) <sub>passiva</sub>
0,0990	C	1,5	1	0,1485	15,0	0,854	1	0,075	0,56	0,0708	0,0000	0,0829	0,0000

MONONOBE - OKABE - K <sub>a</sub>												
θ+ (M-O) [°]	β pendio [°]	ψ [°]	φ [°]	δ <sub>sisma</sub> [°]	K <sub>a,E</sub>	K <sub>a,E</sub> H	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	ΔS <sub>E</sub> [kPa]	ΔS <sub>qE</sub> [kPa]	carico [kPa]	k <sub>attiva statica</sub> H	sovr [kPa]
4,051	14	90	24,0	16,0	0,5843	0,5617	20	28,40	0,40	28,81	0,461	4,000

monte				
φ	14	°	FYN4	
α	90	°		
β	0	°		
δ <sub>STATICO</sub>	9,33	°		
δ <sub>SISMICO</sub>	0	°		
ψ <sub>STATICO</sub>	0	°		
ψ <sub>SISMICO</sub>	4,74	°		
i	14	°		
kh	0,08	a/g		
2θ <sub>STATICO</sub>	2,71	rad		
2θ <sub>SISMICO</sub>	1,05	rad		
kP <sub>STATICO</sub> H	2,333			
kP <sub>SISMICO</sub> H	2,004			

monte					valle				
φ	24	°	TRV		φ	24	°	TRV	
α	90	°			α	90	°		
δ <sub>STATICO</sub>	16	°			δ <sub>STATICO</sub>	16	°		
δ <sub>SISMICO</sub>	0	°			δ <sub>SISMICO</sub>	0	°		
ψ <sub>STATICO</sub>	0	°			ψ <sub>STATICO</sub>	0	°		
i	14,00	°			i	-14,00	°		
2θ <sub>STATICO</sub>	1,91	rad			2θ <sub>STATICO</sub>	0,14	rad		
kP <sub>STATICO</sub> H	4,398				kP <sub>STATICO</sub> H	2,007			
kP <sub>SISMICO</sub> H	3,18				kP <sub>SISMICO</sub> H	1,25			

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.1.2.1 ANALISI SLOPE

Il calcolo secondo la combinazione con parametri caratteristici è stato svolto anche in fase sismica.

Nella tabella in seguito si illustrano i parametri utilizzati per il calcolo del  $k_h$  e del  $k_v$  in SLOPE:

Frana n	Cat. di suolo	ag	Ss	St	$a_{max}/g$	$B_s$	$k_h$	$k_v$	F [kN] SISMICO
2	C	0.0990	1.5	1	0.1485	0.24	0.035	0.017	550

Tabella 9 – Analisi della forza stabilizzante – A1+M1+R1 – SLOPE

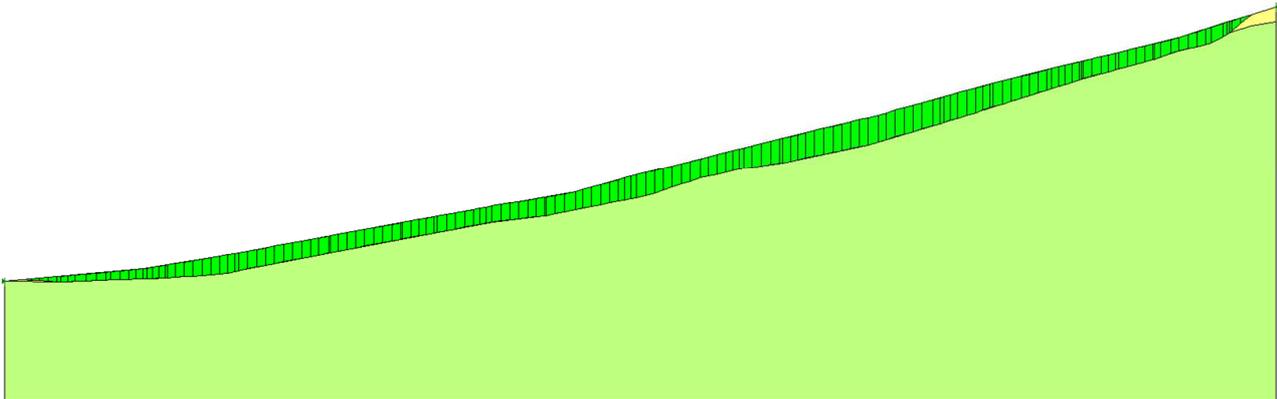


Figura 20: Frana numero 2 – Analisi Slope in A1 M1 (SISMA) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.1.2.2 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 2 – Spessore coltre 3m - Falda a 3m d.p.c. – inclinazione del pendio: 10°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	24	0.593	0.306	2.007	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	24	0.593	0.462	4,398	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	24	0.593	0.306	1.3	100000

Tabella 10 – Parametri del modello

13.3.1.2.3 Frana 2 – Momento Flettente

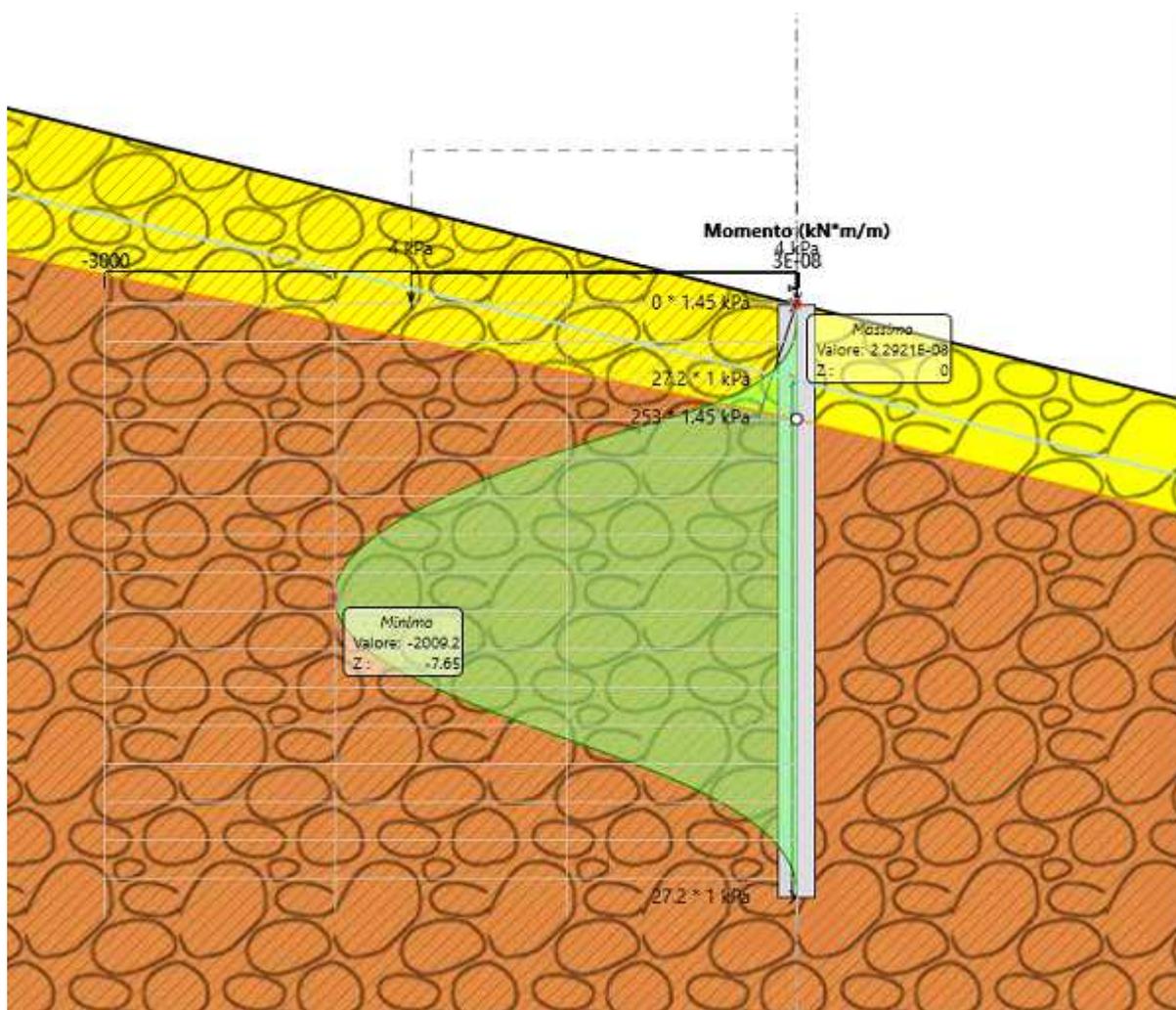


Figura 21: Frana numero 2 – Momento flettente

13.3.1.2.4 Frana 2 – Taglio

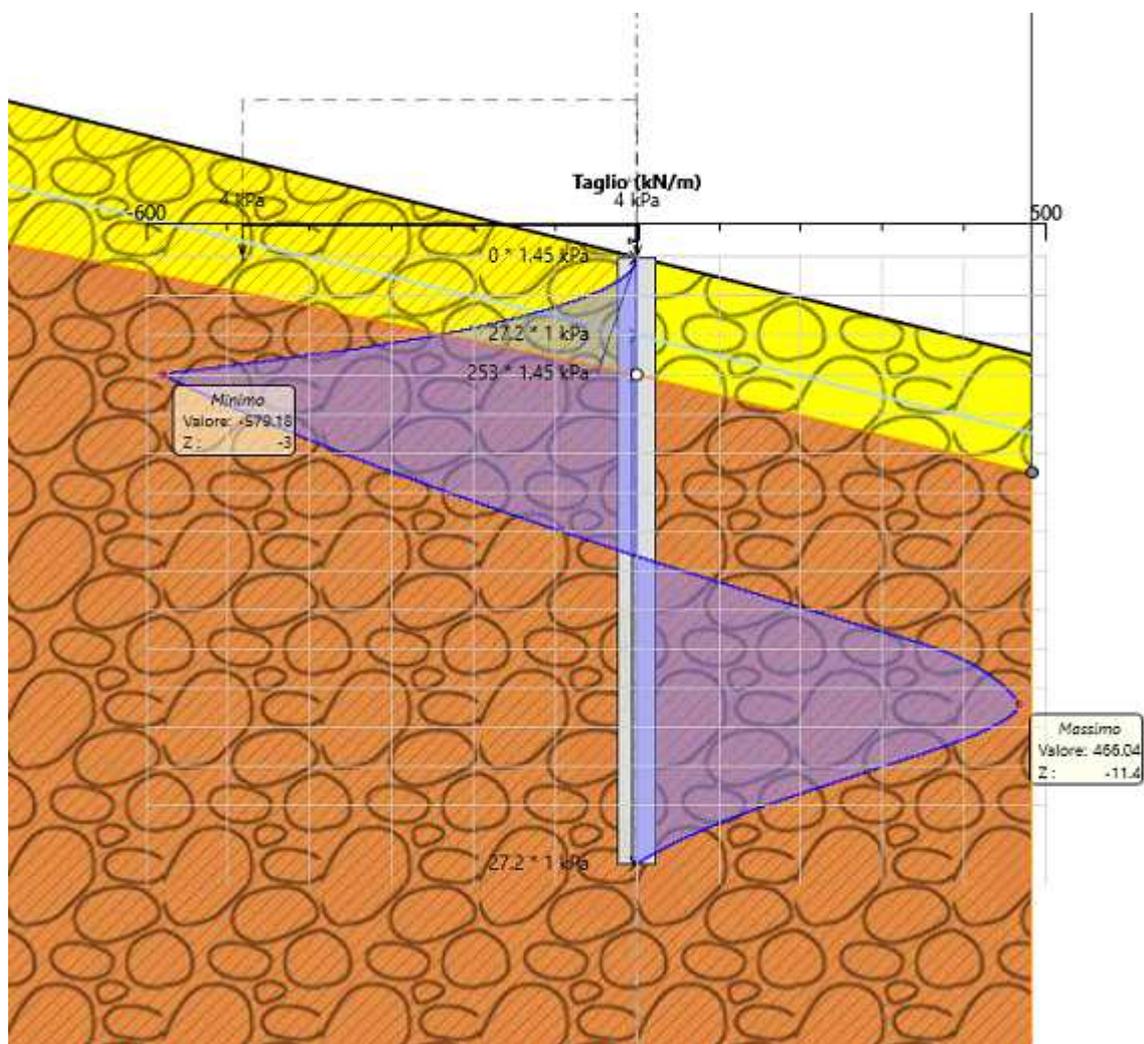


Figura 22: Frana numero 2 – Taglio

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

13.3.1.3 Risultati Analisi (GEO)  
 13.3.1.3.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F paratie [kN]
2	750	$750/3 \cdot 2 = 500$

Tabella 11 – Forza stabilizzante (GEO)

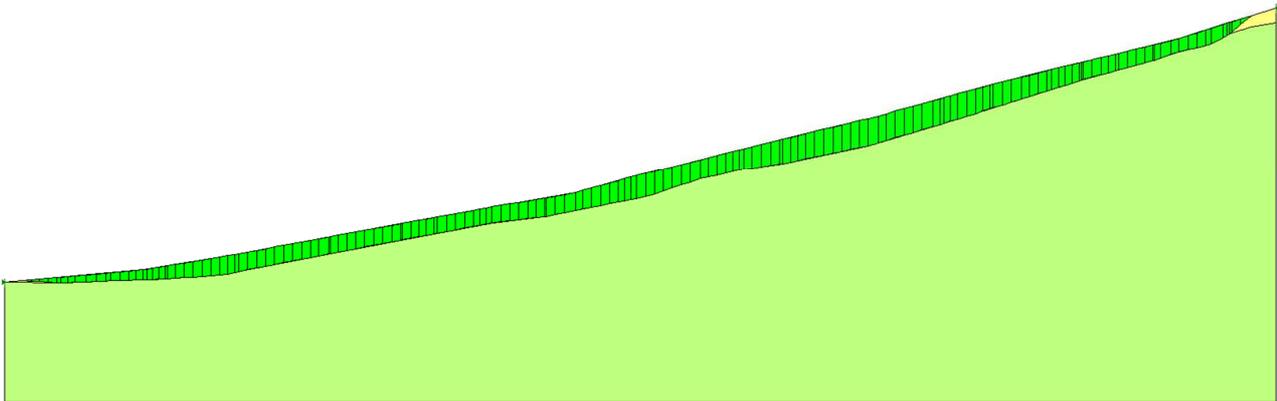


Figura 23: Frana numero 2 – Analisi Slope in GEO (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.1.3.2 ANALISI PARATIE

**Frana 2 – Spessore coltre 3m - Falda a 3m d.p.c. – inclinazione del pendio: 11°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	11.3	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	19.2	0.664	0.376	1.793	80000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	19.2	0.678	0.533	3.163	80000

Tabella 12 – Parametri del modello (GEO)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.1.3.3 Frana 2 – Spinta passiva utilizzata

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal Stage	Riepilogo spinte Vera effettiva	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
CaricoaMonte	1707.3	716.6	2423.9	325.9	3237.7	52.73%	5.24
Sisma	1707.3	716.6	2423.9	325.9	3237.7	52.73%	5.24

Figura 24: Frana numero 2 – Spinta passiva utilizzata (GEO) – Valori Caratteristici

### 13.3.1 VERIFICHE A1+M1

In questo paragrafo si riportano le verifiche statiche e sismiche agli SLU SLE ed SLV secondo la normativa vigente (NTC 2018).

### 13.3.2 SLU -SLV- SLE

#### 13.3.2.1 Sollecitazioni di calcolo

Le sollecitazioni riportate di seguito derivano dall'analisi con il software Paratie Plus A1+M1 (STRU) sia in condizioni statiche che sismiche.

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R <sub>ck</sub>	30	Mpa	f <sub>yk</sub>	450	Mpa
f <sub>ck</sub>	25	Mpa	E <sub>s</sub>	200000	Mpa
E <sub>cm</sub>	31000	Mpa	γ <sub>c</sub>	1,15	-
γ <sub>c</sub>	1,5	-	f <sub>yd</sub>	391,3	Mpa
α <sub>cc</sub>	0,85	-	ε <sub>uk</sub>	75	‰
f <sub>ed</sub>	14,1	Mpa			
f <sub>etm</sub>	2,6	MPa			
ν	0,5	-			
ε <sub>c2</sub>	2	‰			
ε <sub>cu2</sub>	3,5	‰			
α <sub>c</sub>	15,0	-			
k <sub>t</sub>	0,4	-			
k <sub>1</sub>	0,8	-	Valori limite		
k <sub>2</sub>	0,5	-	0,45 f <sub>ck</sub>	11,2	Mpa
k <sub>3</sub>	1,71	-	0,8 f <sub>yk</sub>	360	Mpa
k <sub>4</sub>	0,425	-	W <sub>k,lim</sub>	0,3	mm

Frana 2								
STATO LIMITE	Fase di calcolo	Soll. Max.	Quota	M <sub>Sd</sub>	T <sub>Sd</sub>	N <sub>Sd</sub> (singolo palo)	DIAMETRO PALO	INTERASS PALO
			[m]	[kNm/m] J	[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]
SLU	Statica	Momento Max	-6	-743,6		-118	1,00	1,20
	Statica	Taglio Max	-3		-380,00	-59	1,00	1,20
SLV	Sisma	Momento Max	-7,65	-2009		-150	1,00	1,20
	Sisma	Taglio Max	-3		-579	-59	1,00	1,20

Tabella 13 – Materiali e sollecitazioni di calcolo – A1+M1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.2.2 Frana 2 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	M da paratie (kN*m)	M (kN*m)	N (kN)	M resistente(kN*m)
STATICO	-744(-6)	$-744 * 1.3 * 1.2 = -1160,016$	-118	-3492
SISMA	-2009(-7.65)	$-2009 * 1 * 1.2 = -2410,8$	-150	-3479

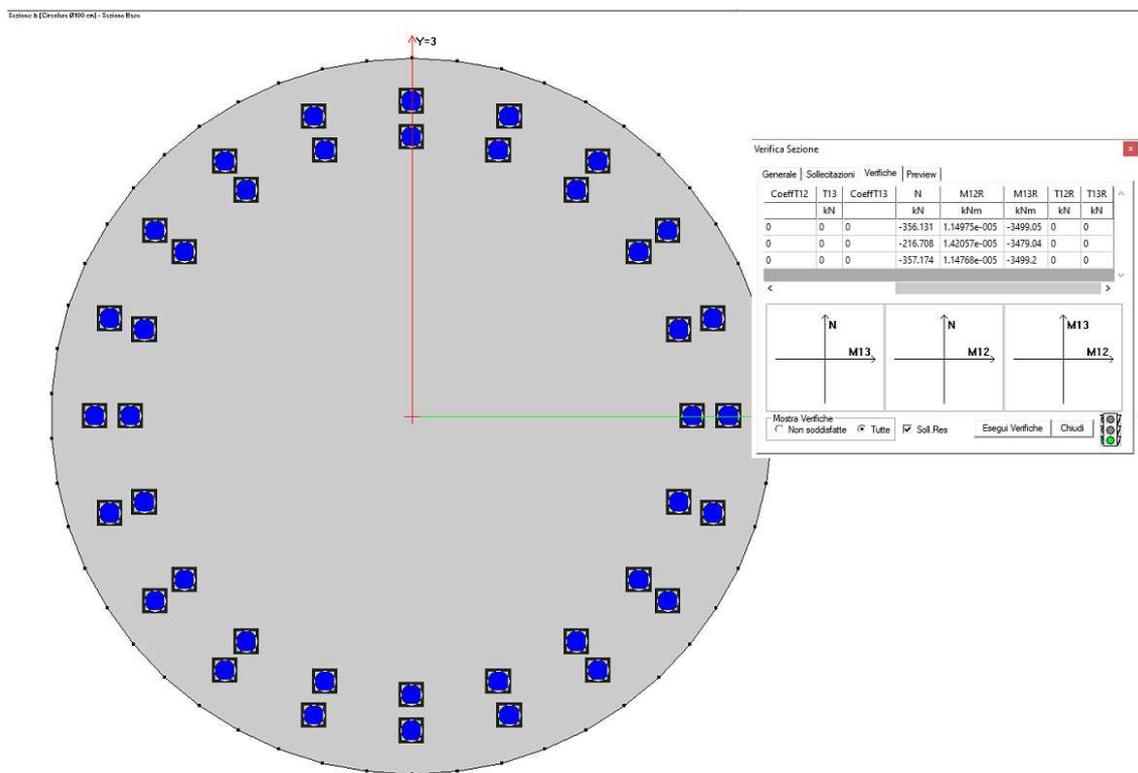


Figura 25- Verifica CMP - Palo 1000 – doppio strato 20  $\phi$ 30 – condizioni statiche

**La verifica a pressoflessione è soddisfatta con doppio strato 20  $\phi$ 30**

### 13.3.2.3 Frana 2 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	T da paratie (kN)	T (kN)	N (kN)	T resistente(kN)
STATICO	-380 (-3)	-380*1.3*1.2=-592	-59	607.7
SISMA	-579 (-3)	-579*1*1.2=-694	-59	810.3

#### STATICO

quota Ver	[m]	-3,0
V	[kNm/m]	-380,0
V	[kNm]	-592,8
N	[kN]	-58,9
Vrd	[kNm]	607,7
Arm. Spir.	Ø [mm]	14,0
	passo [cm]	20,0
A	[mm <sup>2</sup> ]	307,9
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	0,0
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1980,7
V Rsd	[kN]	607,7

#### SISMA

quota Ver	[m]	-3,0
V	[kNm/m]	-579,0
V	[kNm]	-694,8
N	[kN]	-58,9
Vrd	[kNm]	810,3
Arm. Spir.	Ø [mm]	14,0
	passo [cm]	15,0
A	[mm <sup>2</sup> ]	307,9
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	0,0
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1980,7
V Rsd	[kN]	810,3

fyk	γ <sub>S</sub>	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]

fyk	γ <sub>S</sub>	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]

fck	γ <sub>C</sub>	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

fck	γ <sub>C</sub>	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

Tabella 14 – Verifica a Taglio - SLU – A1+M1 – condizioni statiche

La verifica a taglio è soddisfatta con una spirale φ14 passo 15cm.

### 13.3.2.4 Frana 2 – SLE

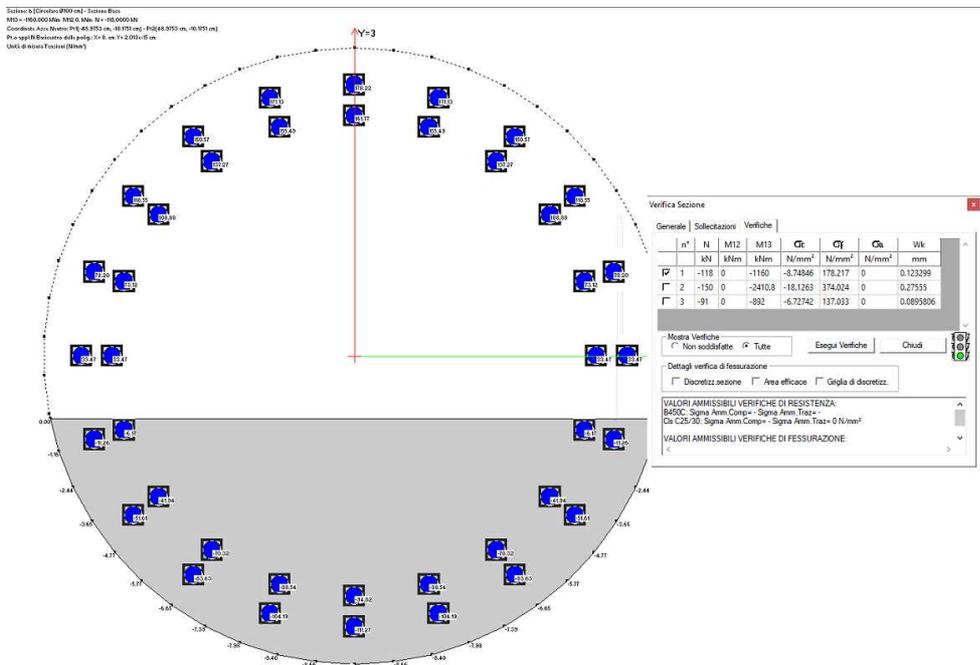


Tabella 15 – Verifica SLE-STATICO

Tabella 29 – Verifica SLE-SISMA

VALORI DI FESSURAZIONE : WK (mm)	
SLE	0.09

Le verifiche SLE sono soddisfatte.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.3 FRANA 91

SEZIONE 91				
<b>H</b>	7	[m]		
<b>peso specifico</b>	20	[kN/m <sup>3</sup> ]		
<b>angolo di attrito frana70 (A1-M1)</b>	14	[°]		
<i>ka=teoria di Muller Breslau</i>				
<i>kp=teoria di Caquot Kerisel</i>				
STATICO				
ka_statico	0,941	<b>Sa_statico</b>	<b>461</b>	<b>kN/m</b>
kp_statico	2,333	<b>Sp_statico</b>	<b>1143</b>	<b>kN/m</b>
		<b>F_slope</b>	<b>265</b>	<b>kN/m</b>
SISMICO				
ka_sismico		<b>Sa_sismico</b>	<b>0</b>	<b>kN/m</b>
kp_sismico	2,004	<b>Sp_sismico</b>	<b>982</b>	<b>kN/m</b>
		<b>F_slope</b>	<b>550</b>	<b>kN/m</b>

STAGE	FORZA DA INSERIRE SU PARATIE
STATICO	$265/7*2=75.7$ KN
SISMA	$550/7*2=157.14$ KN

Figura 26: Tabella frana numero 91 – Valori di spinta statica ( $S_p$  statica) e sismica ( $S_p$  sismica), forza derivante da analisi slope con contributo a valle

In seguito si riporta un'immagine del modello tipo determinato:

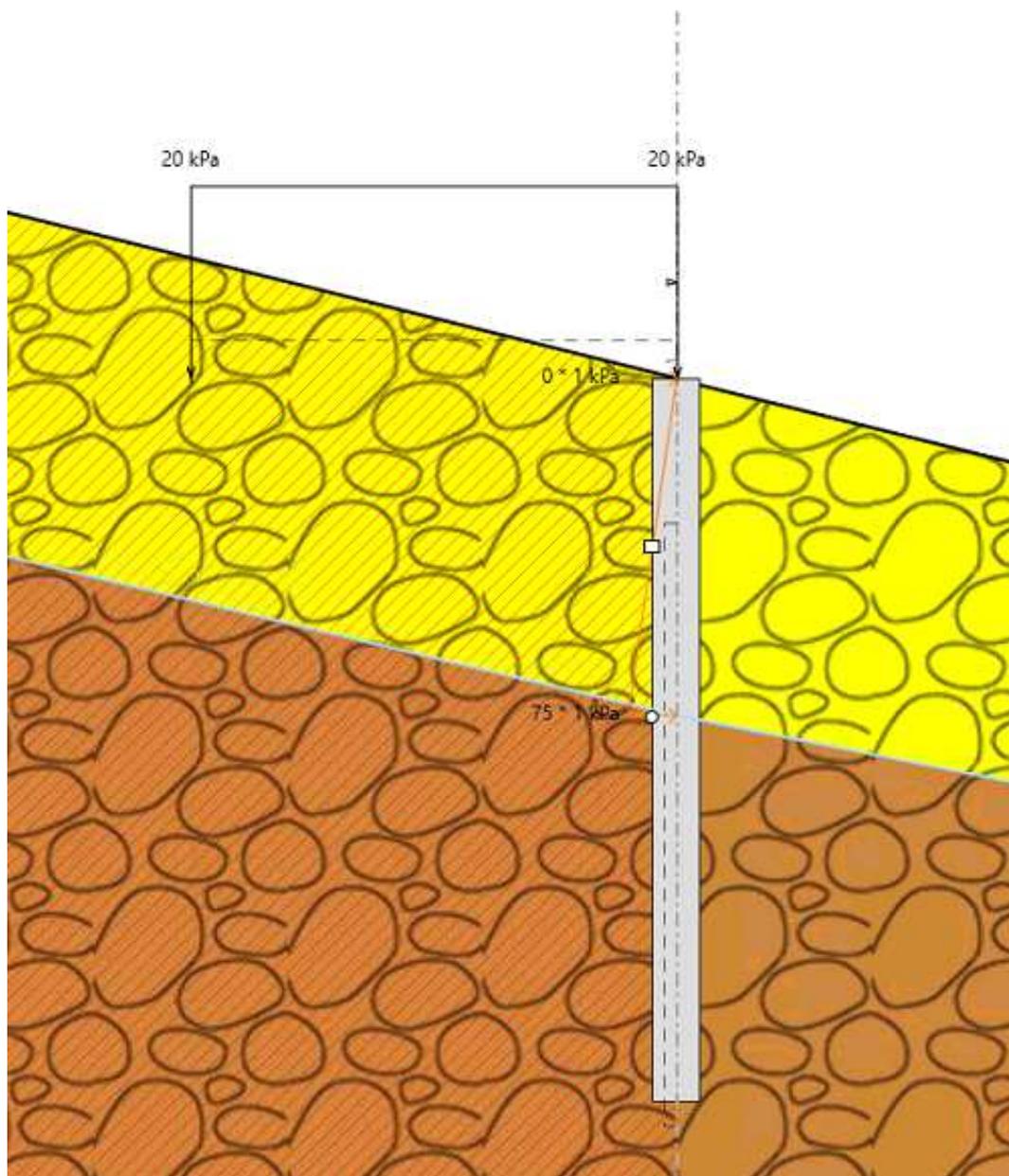


Figura 27: Frana numero 91 – Modello determinato

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

13.3.3.1 Risultati analisi strutturali (parametri caratteristici)

13.3.3.1.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO
91	265

Tabella 16 – Forza stabilizzante

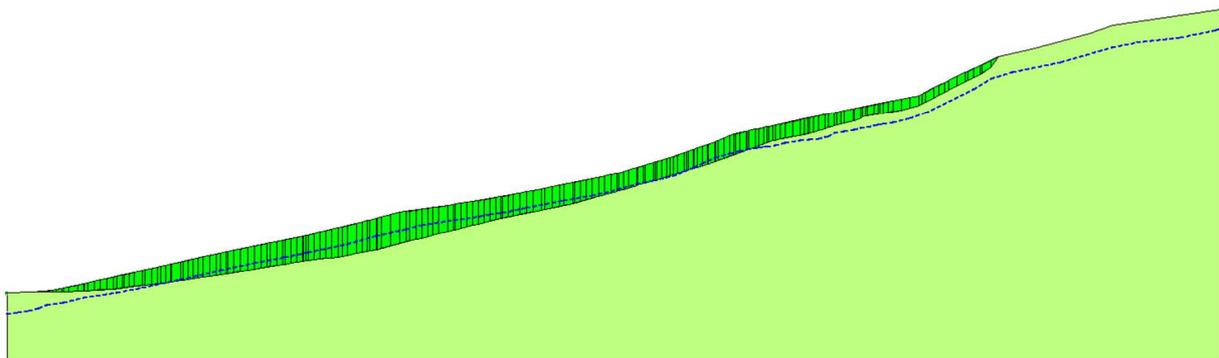


Figura 28: Frana numero 91 – Analisi Slope con parametri caratteristici (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.3.1.2 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 91 - Spessore coltre 7m – Falda a 3m d.p.c – inclinazione 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	24	0.593	0.306	2.007	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	24	0.593	0.462	4,398	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	24	0.593	0.306	1.3	100000

Tabella 17 – Parametri del modello

Si riportano in seguito i risultati ottenuti

### 13.3.3.1.3 Frana 91 – Momento Flettente

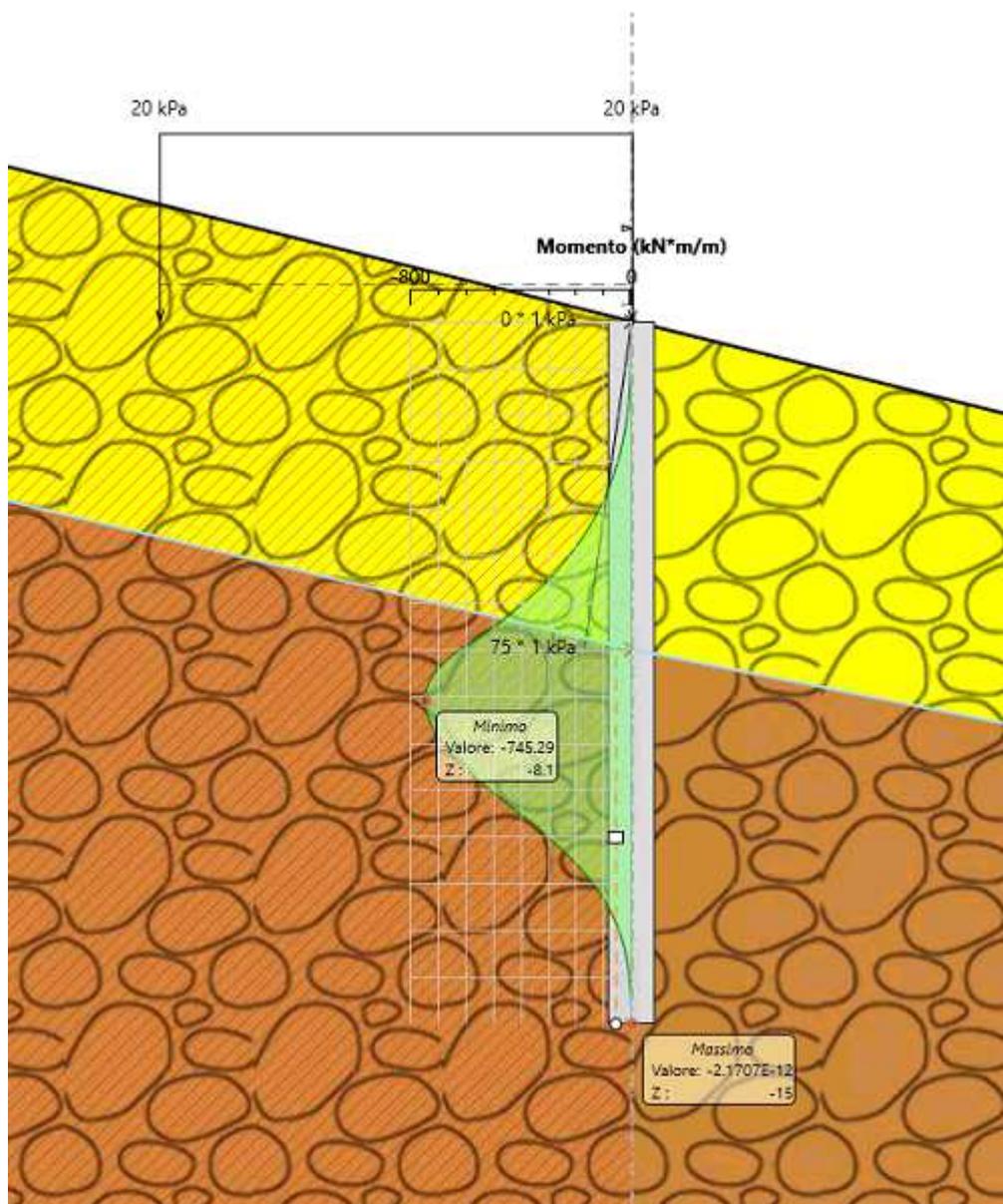


Figura 29: Frana numero 91 – Momento flettente

13.3.3.1.4 Frana 91 - Taglio

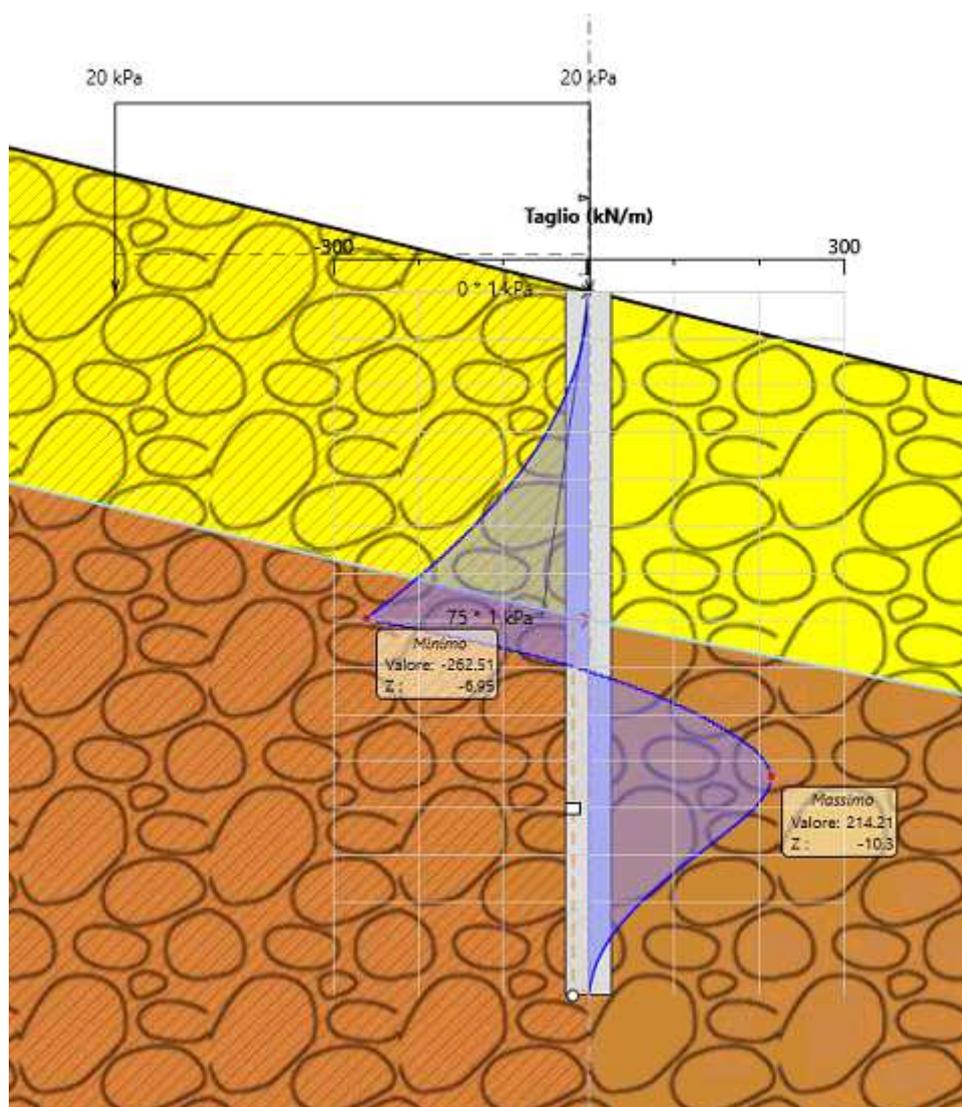


Figura 30: Frana numero 91 – Taglio

13.3.3.1.5 Frana 91 - Spostamento

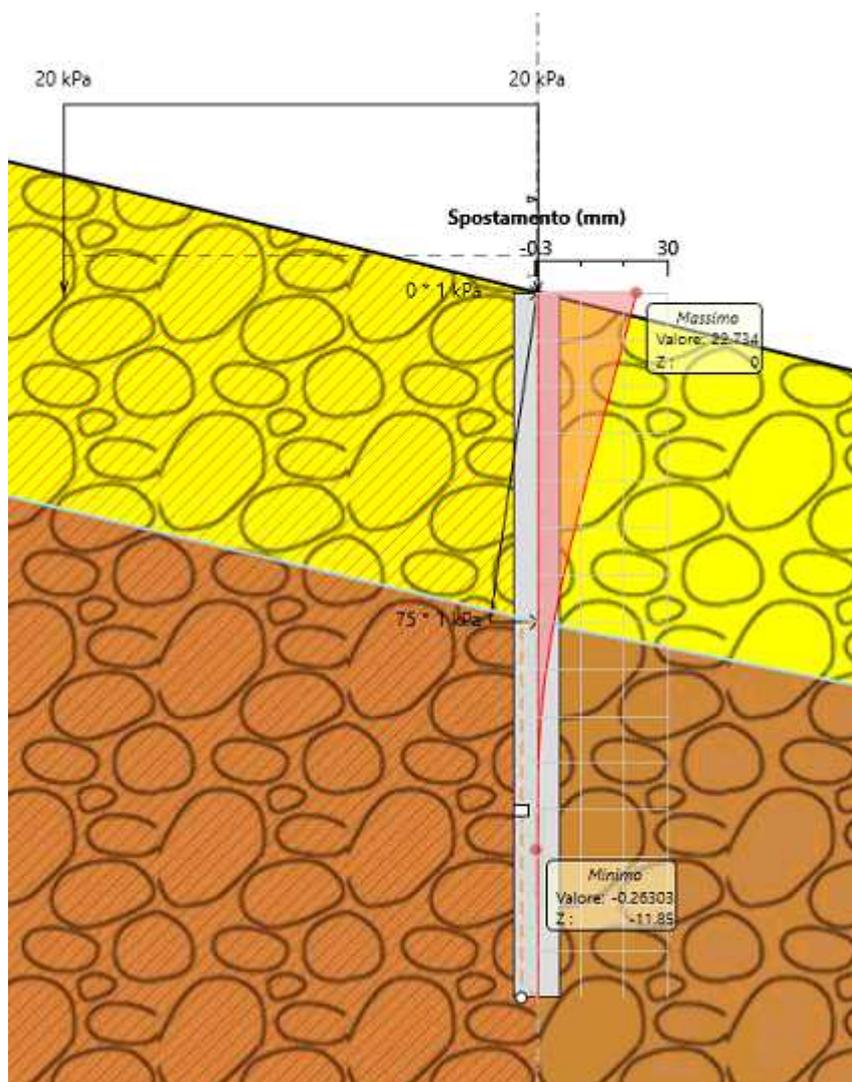


Figura 31: Frana numero 91 – Spostamento



Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 004	A	98 di 130

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

PARAMETRI SISMICI												
	htotale	ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	α <sub>attiva</sub>	α <sub>passiva</sub>	U <sub>s</sub>	β	kh <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>
91_monte	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
91_2_monte	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
91_valle	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
91_2_valle	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829

PARAMETRI SISMICI													
ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	H <sub>tot</sub>	α <sub>attiva</sub>	α <sub>passiva</sub>	U <sub>s</sub>	β	kh <sub>attiva</sub>	kv (±) <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>	kv (±) <sub>passiva</sub>
0,0990	C	1,5	1	0,1485	15,0	0,854	1	0,075	0,56	0,0708	0,0000	0,0829	0,0000

MONONOBE - OKABE_Ka													
θ+ (M-O) [°]	β pendio [°]	ψ [°]	φ [°]	δ <sub>sisma</sub> [°]	K <sub>a,E</sub>	K <sub>a,E,H</sub>	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	ΔS <sub>E</sub> [kPa]	ΔS <sub>qE</sub> [kPa]	carico [kPa]	k <sub>attiva statica</sub> H	sovr [kPa]	
4,051	14	90	24,0	16,0	0,5843	0,5617	20	28,40	0,40	28,81	0,461	4,000	

monte				
TRV1	φ	14	°	FYN4
	α	90	°	
	β	0	°	
	δ <sub>STATICO</sub>	9,33	°	
	δ <sub>SISMICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>STATICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>SISMICO</sub>	4,74	°	
	i	14	°	
	kh	0,08	a/g	
	2θ <sub>STATICO</sub>	2,71	rad	
	2θ <sub>SISMICO</sub>	1,05	rad	
	kP <sub>STATICO</sub> H	2,333		
kP <sub>SISMICO</sub> H	2,004			

monte					valle				
TRV2	φ	24	°	TRV	φ	24	°	TRV	
	α	90	°		α	90	°		
	δ <sub>STATICO</sub>	16	°		δ <sub>STATICO</sub>	16	°		
	δ <sub>SISMICO</sub>	0	°		δ <sub>SISMICO</sub>	0	°		
	ψ <sub>STATICO</sub>	0	°		ψ <sub>STATICO</sub>	0	°		
	i	14,00	°		i	-14,00	°		
	2θ <sub>STATICO</sub>	1,91	rad		2θ <sub>STATICO</sub>	0,14	rad		
	kP <sub>STATICO</sub> H	4,398			kP <sub>STATICO</sub> H	2,007			
	kP <sub>SISMICO</sub> H	3,18			kP <sub>SISMICO</sub> H	1,25			

Tabella 18 – Parametri sismici

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.3.2.1 ANALISI SLOPE

Il calcolo secondo la combinazione di parametri caratteristici è stato svolto anche in fase sismica.

Nella tabella in seguito si illustrano i parametri utilizzati per il calcolo del  $k_h$  e del  $k_v$  in SLOPE:

Frana n	Cat. di suolo	ag	Ss	St	$a_{max}/g$	$B_s$	$k_h$	$k_v$	F [kN] SISMICO
91	C	0.099	1.5	1	0.14	0.24	0.035	0.017	550

Tabella 19 – Analisi della forza stabilizzante – parametri caratteristici – SLOPE

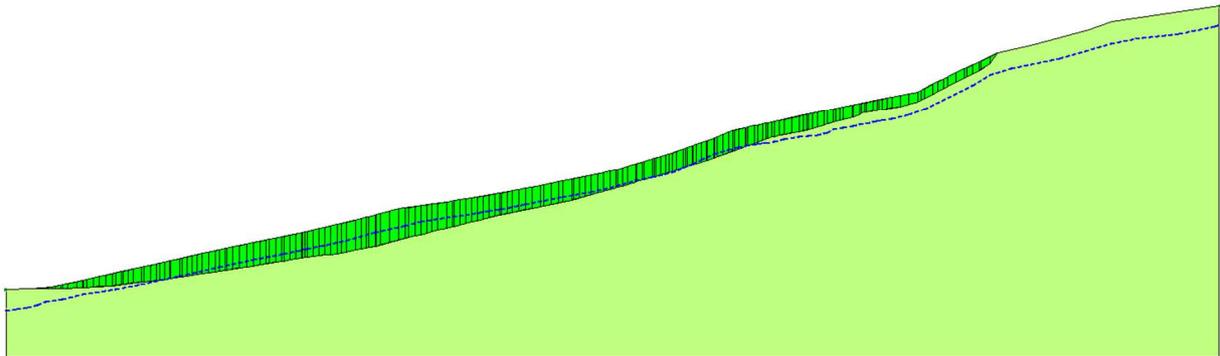


Figura 33: Frana numero 91 – Analisi Slope con parametri caratteristici (SISMA) –  $FS = 1.1$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.3.2.2 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 91 – Spessore coltre 7m – inclinazione del pendio: 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	24	0.593	0.306	2.007	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	24	0.593	0.462	4,398	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	24	0.593	0.306	1.3	100000

Tabella 20 – Parametri del modello

13.3.3.2.3 Frana 91 – Momento Flettente

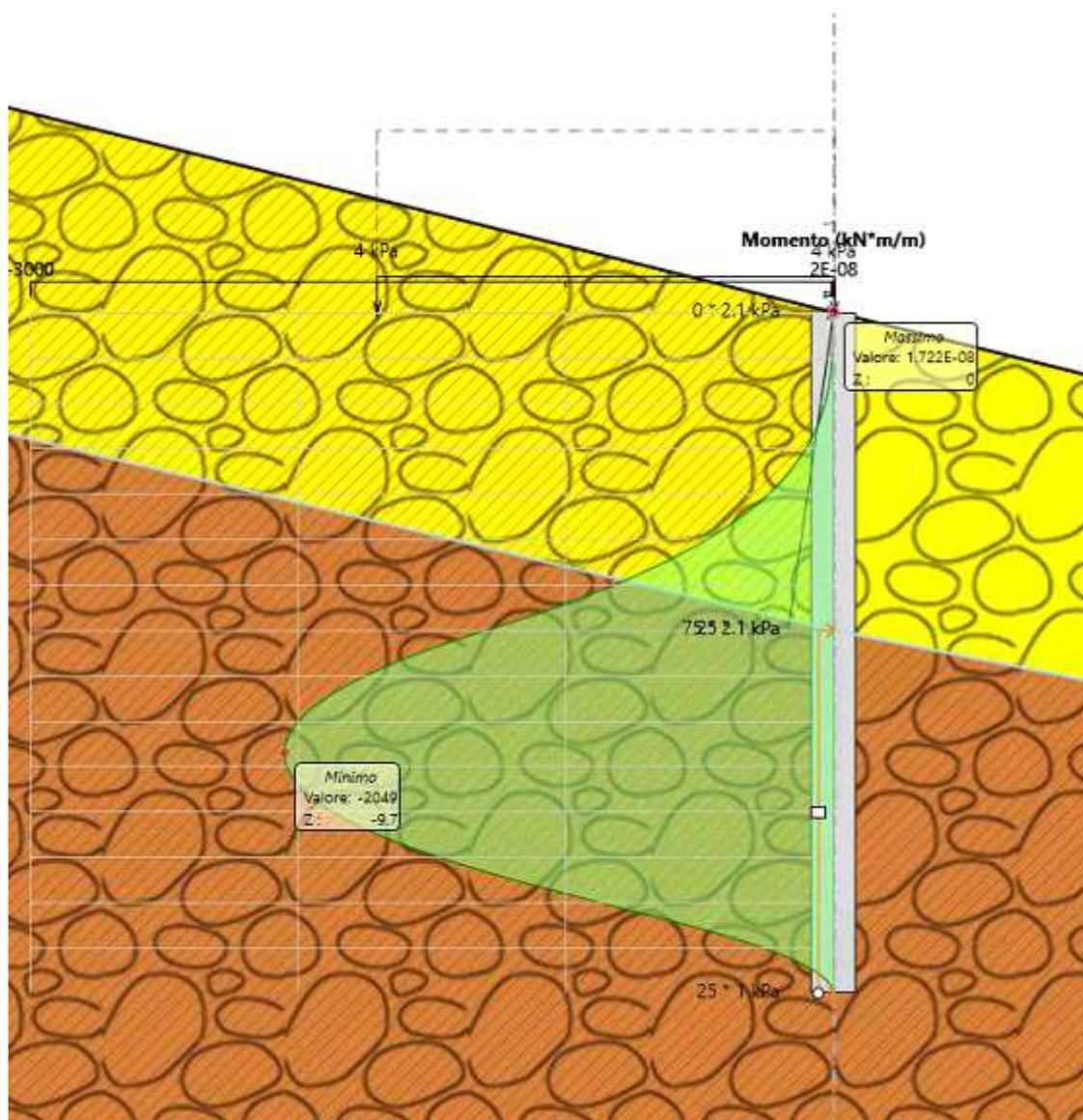


Figura 34: Frana numero 91 – Momento flettente

13.3.3.2.4 Frana 91 – Taglio

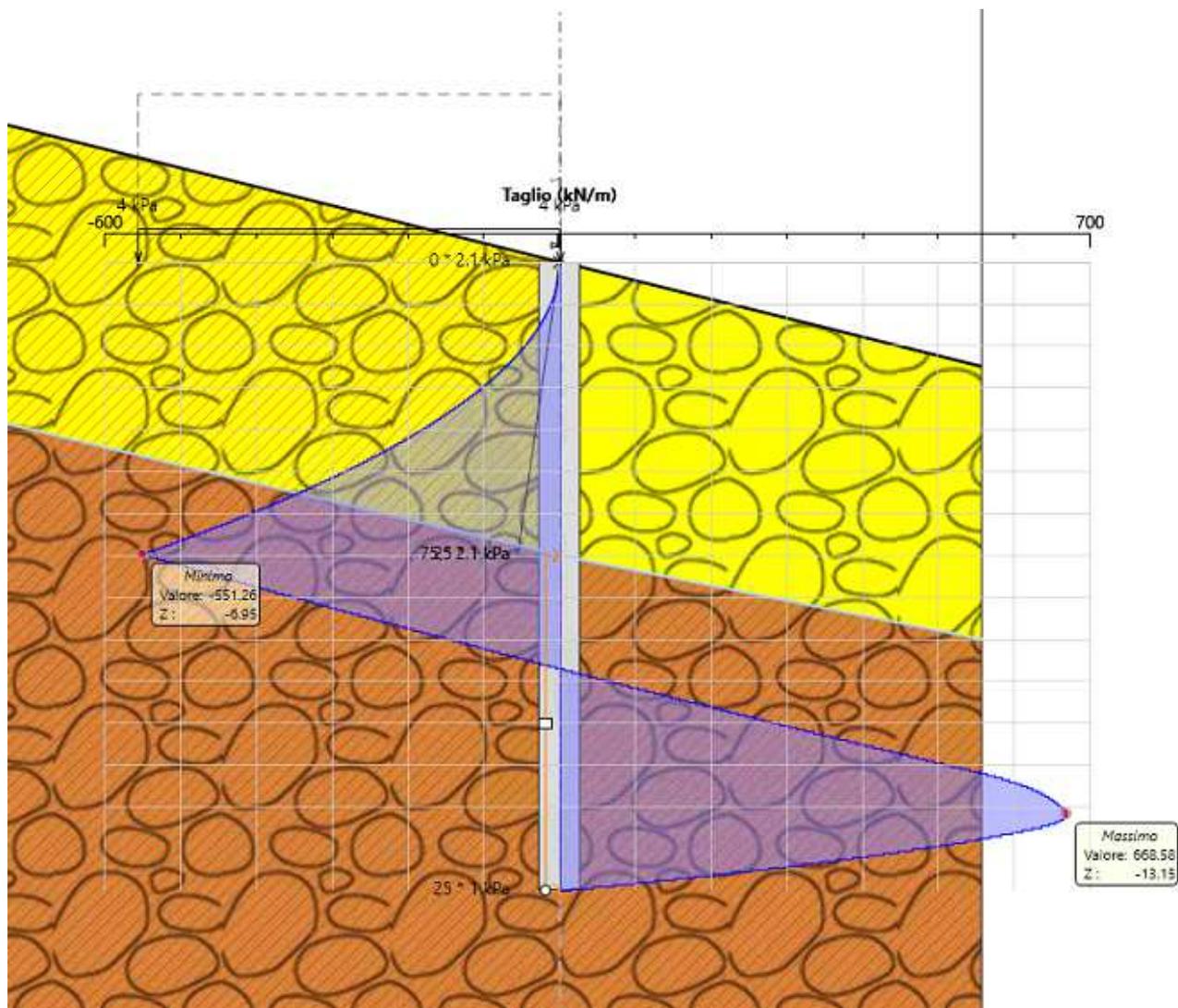


Figura 35: Frana numero 91 – Taglio

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.3.3 Risultati Analisi (GEO)

#### 13.3.3.3.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F.S.	FORZA PARATIE (Kn)
91	750	1.1	$750/7*2=214.3$

Tabella 21 – Forza stabilizzante (GEO)

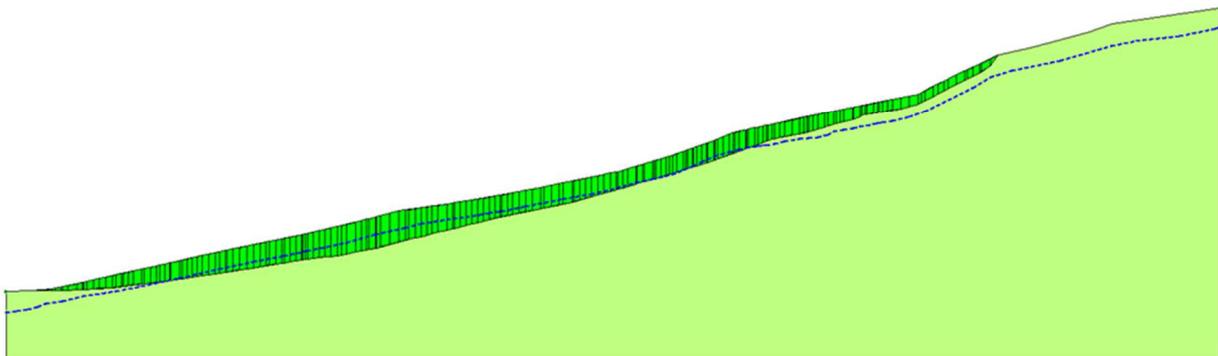


Figura 36: Frana numero 91 – Analisi Slope con parametri ridotti (M2) (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.3.3.2 ANALISI PARATIE

**Frana 91 – Spessore coltre 7m – inclinazione del pendio: 11°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	11.3	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	19.2	0.664	0.376	1.793	80000

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	19.2	0.678	0.533	3.163	80000

Tabella 22 – Parametri del modello (GEO)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.3.3.3 Frana 91 – Resistenza passiva

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal Stage	Riepilogo spinte						
	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
CaricoaMonte	2081.1	447.1	2528.2	317.6	2773.3	75.04%	6.55

Figura 37: Frana numero 91 – Resistenza passiva (GEO) – Valori Caratteristici

### 13.3.4 VERIFICHE A1+M1

In questo paragrafo si riportano le verifiche statiche e sismiche agli SLU SLE ed SLV secondo la normativa vigente (NTC 2018).

### 13.3.5 SLU -SLV- SLE

#### 13.3.5.1 Sollecitazioni di calcolo

Le sollecitazioni riportate di seguito derivano dall'analisi con il software Paratie Plus A1+M1 (STRU) sia in condizioni statiche che sismiche.

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R <sub>ck</sub>	30	Mpa	f <sub>yk</sub>	450	Mpa
f <sub>ck</sub>	25	Mpa	E <sub>s</sub>	200000	Mpa
E <sub>cm</sub>	31000	Mpa	γ <sub>c</sub>	1,15	-
γ <sub>c</sub>	1,5	-	f <sub>yd</sub>	391,3	Mpa
α <sub>cc</sub>	0,85	-	ε <sub>uk</sub>	75	‰
f <sub>cd</sub>	14,1	Mpa			
f <sub>ctm</sub>	2,6	MPa			
ν	0,5	-			
ε <sub>c2</sub>	2	‰			
ε <sub>cu2</sub>	3,5	‰			
α <sub>c</sub>	15,0	-			
k <sub>1</sub>	0,4	-			
k <sub>1</sub>	0,8	-	Valori limite		
k <sub>2</sub>	0,5	-	0,45 f <sub>ck</sub>	11,2	Mpa
k <sub>3</sub>	1,71	-	0,8 f <sub>yk</sub>	360	Mpa
k <sub>4</sub>	0,425	-	W <sub>k,lim</sub>	0,3	mm

Frana 91								
STATO LIMITE	Fase di calcolo	Soll. Max.	Quota	M <sub>Sd</sub>	T <sub>Sd</sub>	N <sub>Sd</sub> (singolo palo)	DIAMETRO PALO	INTERASSE PALO
[-]	[-]	[-]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]
SLU	Statica	Momento Max	-8	-745		-157	1,00	1,20
	Statica	Taglio Max	-6,95		-262,00	-136	1,00	1,20
SLV	Sisma	Momento Max	-9,75	-2050		-191	1,00	1,20
	Sisma	Taglio Max	-13,25		682,62	-260	1,00	1,20

Tabella 23 – Materiali e sollecitazioni di calcolo – A1+M1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 004</b>	REV. <b>A</b>

**13.3.5.2 Frana 91 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA**

STR				
STAGE	M da paratie (kN*m)	M (kN*m)	N (kN)	M resistente(kN*m)
STATICO	-745(-8)	$-745 * 1.3 * 1.2 = -1162,2$	-157	-3492
SISMA	-2050(-9.75)	$-2050 * 1 * 1.2 = -2460$	-191	-3479

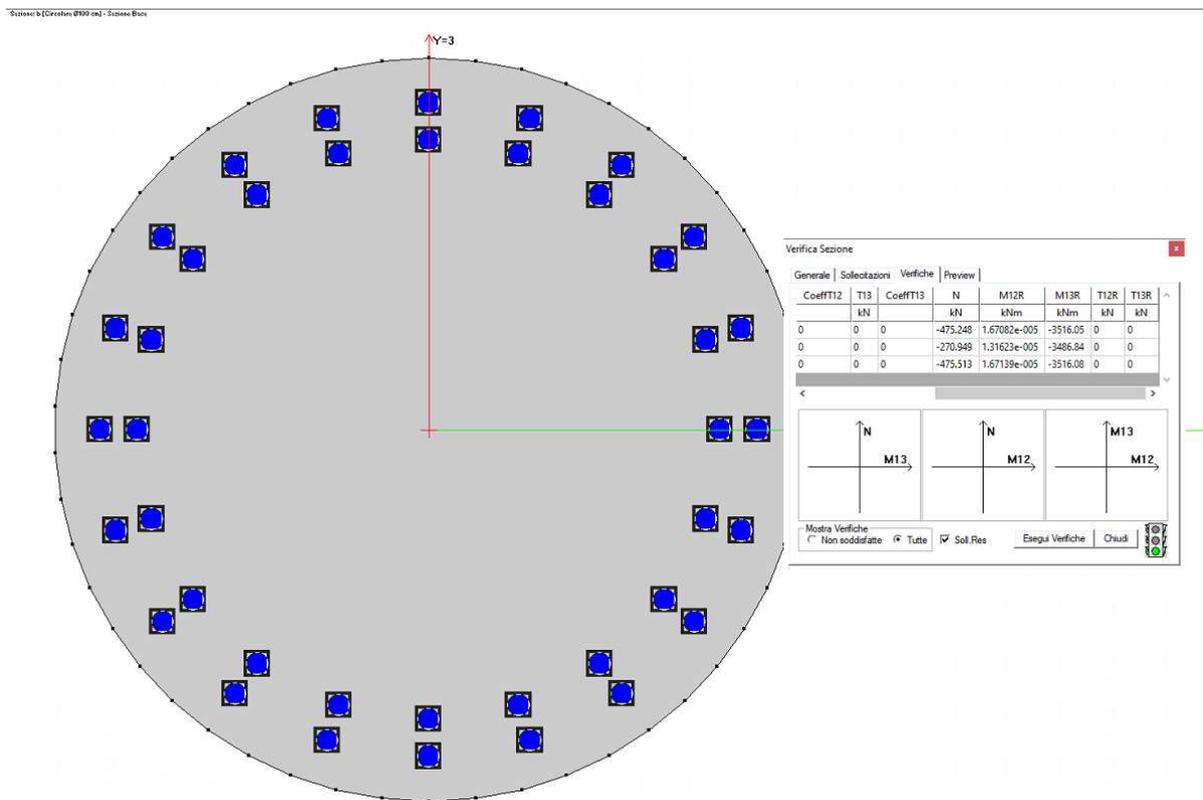


Figura 38- Verifica CMP - Palo 1000 – doppio strato 20  $\phi$ 30 – condizioni statiche

**La verifica a pressoflessione è soddisfatta con doppio strato 20  $\phi$ 30**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.5.3 Frana 91 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	T da paratie (kN)	T (kN)	N (kN)	T resistente(kN)
STATICO	-262 (-7)	-262*1.3*1.2=-408.7	-136.5	607.7
SISMA	-682.6 (-13.3)	-682.6*1*1.2=-819.1	-260.2	1215.4

#### STATICO

quota Ver	[m]	-7,0
V	[kNm/m]	-262,0
V	[kNm]	-408,7
N	[kN]	-136,5
Vrd	[kNm]	607,7
Arm. Spir.	Ø [mm]	14,0
	passo [cm]	20,0
A	[mm <sup>2</sup> ]	307,9
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	0,0
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1980,7
V Rsd	[kN]	607,7

#### SISMA

quota Ver	[m]	-13,3
V	[kNm/m]	682,6
V	[kNm]	819,1
N	[kN]	-260,2
Vrd	[kNm]	1215,4
Arm. Spir.	Ø [mm]	14,0
	passo [cm]	10,0
A	[mm <sup>2</sup> ]	307,9
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	0,0
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1980,7
V Rsd	[kN]	1215,4

fyk	γ <sub>S</sub>	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]

fyk	γ <sub>S</sub>	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]

fck	γ <sub>C</sub>	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

fck	γ <sub>C</sub>	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

Tabella 24 – Verifica a Taglio - SLU – A1+M1 – condizioni statiche

La verifica a taglio è soddisfatta con una spirale φ14 passo 10cm.

**13.3.5.4 Frana 91 – SLE**

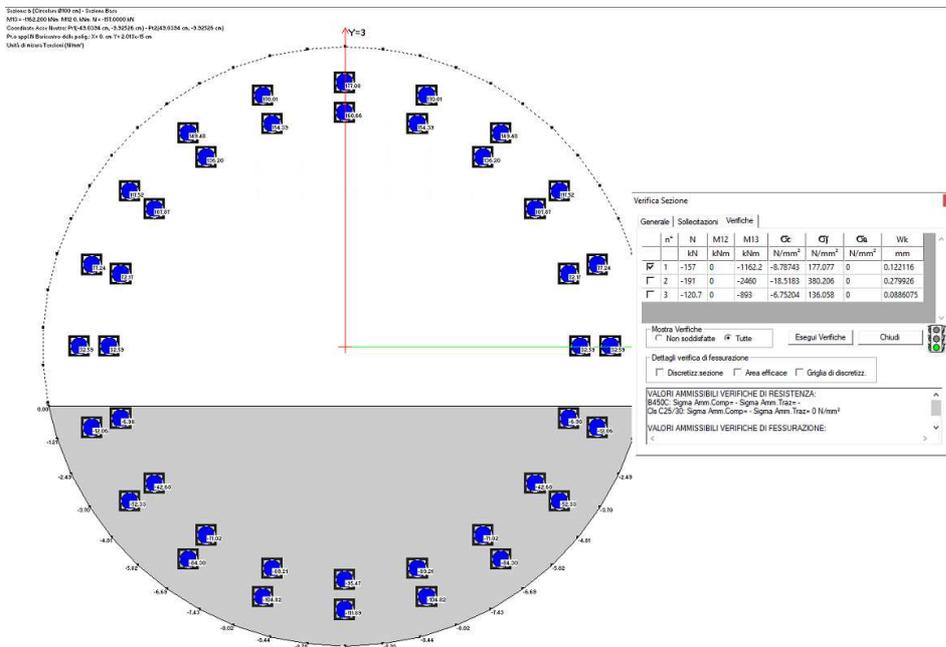


Tabella 25 – Verifica SLE-STATICO

Tabella 29 – Verifica SLE

VALORI DI FESSURAZIONE : WK (mm)	
SLE	0.09

Le verifiche SLE sono soddisfatte.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.6 FRANA 92

SEZIONE 92				
H	5	[m]		
peso specifico	20	[kN/m <sup>3</sup> ]		
angolo di attrito frana70 (A1-M1)	14	[°]		
<i>ka=teoria di Muller Breslau</i>				
<i>kp=teoria di Caquot Kerisel</i>				
STATICO				
ka_statico	0,941	Sa_statico	235	kN/m
kp_statico	2,333	Sp_statico	583	kN/m
		F_slope	375	kN/m
SISMICO				
ka_sismico		Sa_sismico	0	kN/m
kp_sismico	2,004	Sp_sismico	501	kN/m
		F_slope	800	kN/m

STAGE	FORZA DA INSERIRE SU PARATIE
STATICO	375/5*2=150 KN
SISMA	800/5*2=320 KN

Figura 39: Tabella frana numero 92 – Valori di spinta statica (Sp statica) e sismica (Sp sismica), forza derivante da analisi slope con contributo a valle

In seguito si riporta un'immagine del modello tipo determinato:

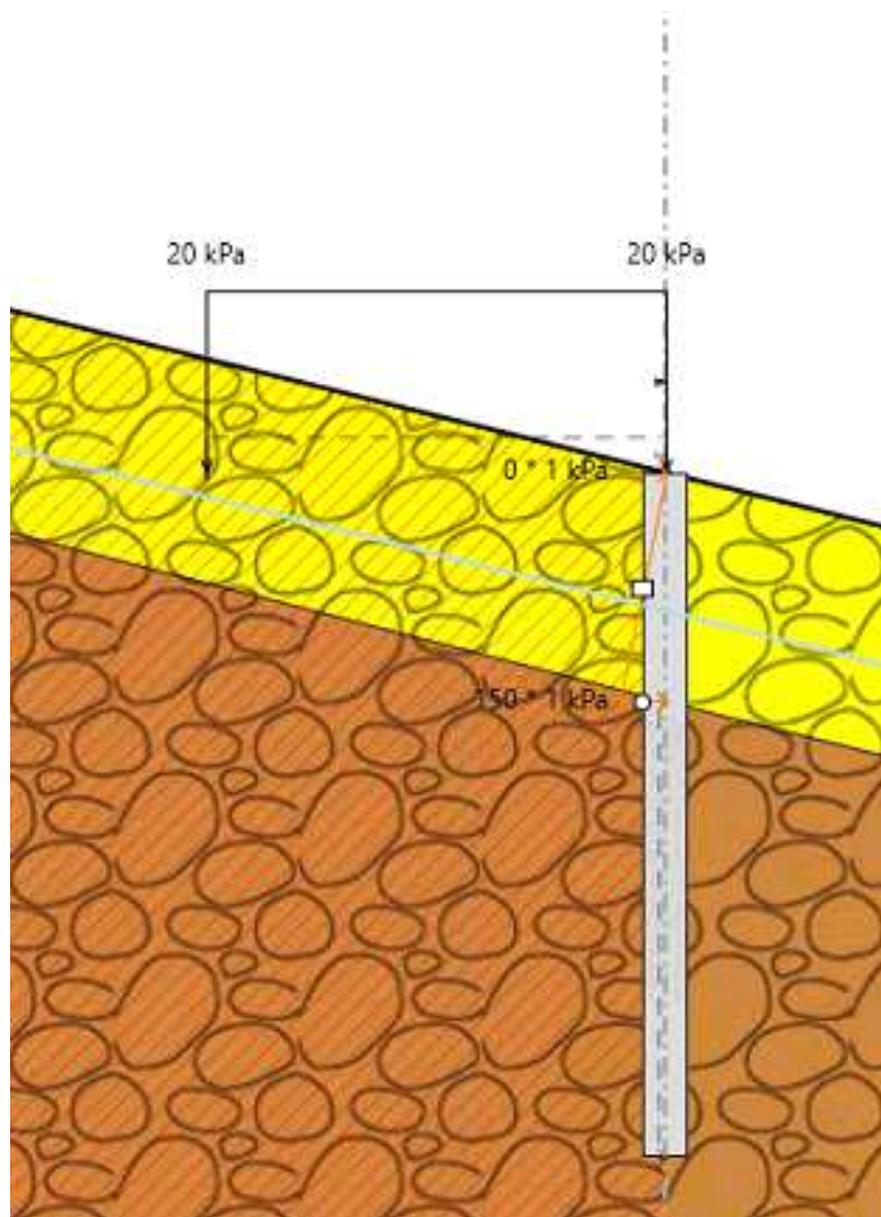


Figura 40: Frana numero 92 – Modello determinato

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

13.3.6.1 Risultati analisi strutturali (parametri caratteristici)

13.3.6.1.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO
92	375

Tabella 26 – Forza stabilizzante

80.57646, 146.36252

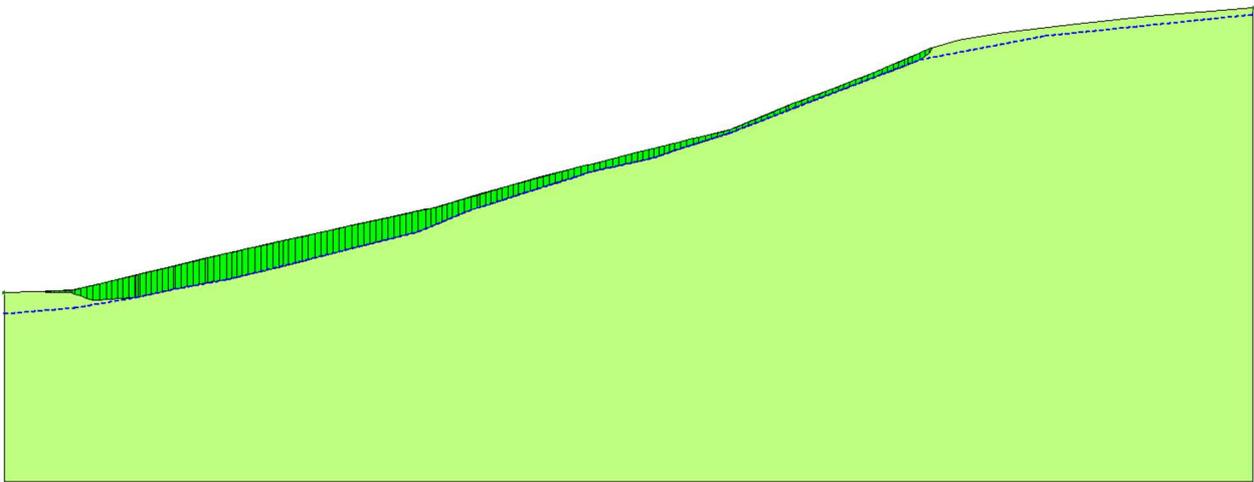


Figura 41: Frana numero 92 – Analisi Slope in parametri caratteristici (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.6.1.2 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 92 - Spessore coltre 5m – Falda a 5 m d.p.c – inclinazione 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	24	0.593	0.306	2.007	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	24	0.593	0.462	4,398	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	24	0.593	0.306	1.3	100000

*Tabella 27 – Parametri del modello*

Si riportano in seguito i risultati ottenuti

13.3.6.1.3 Frana 92 – Momento Flettente

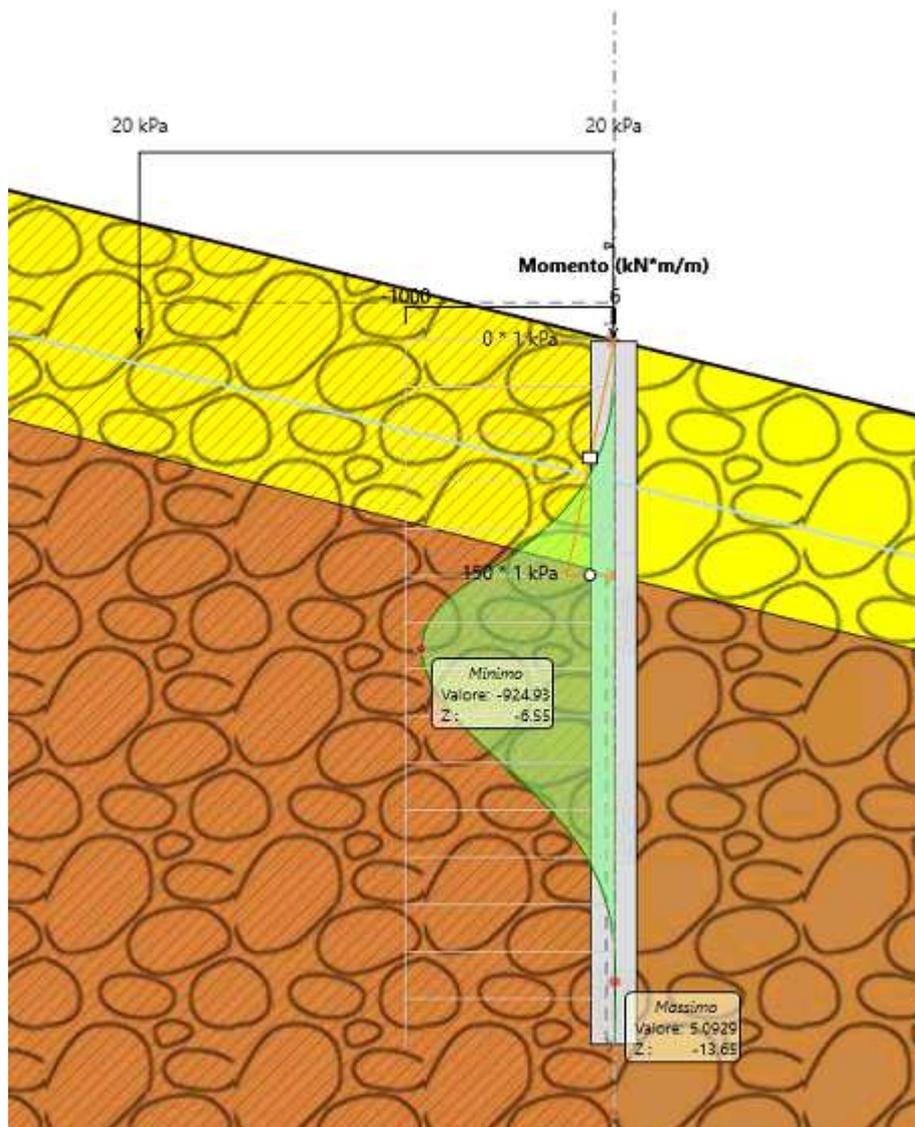


Figura 42: Frana numero 92 – A1 + M1 - Momento flettente –Valori Caratteristici

13.3.6.1.4 Frana 92 - Taglio

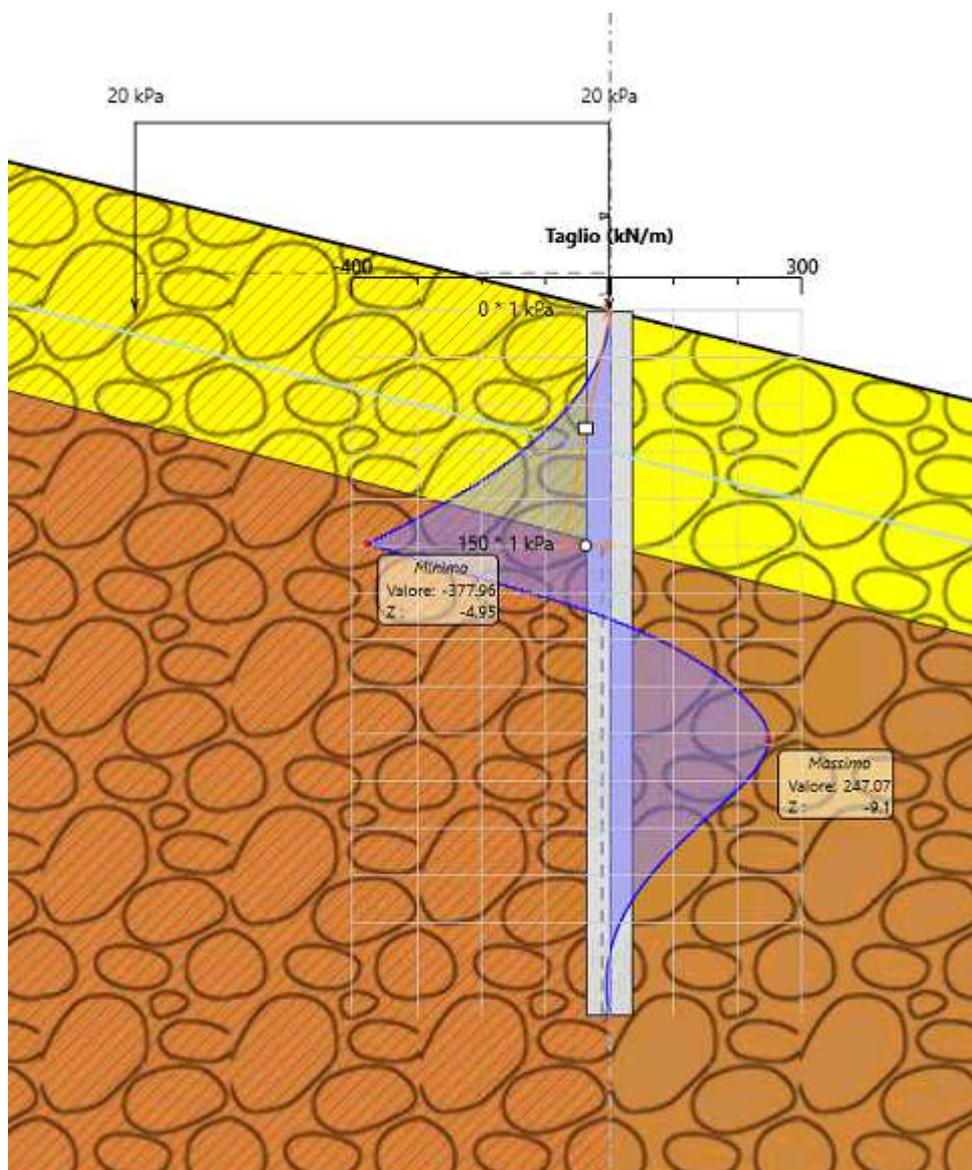


Figura 43: Frana numero 92 – A1 + M1 - Taglio – Valori Caratteristici

13.3.6.1.5 Frana 92 - Spostamenti

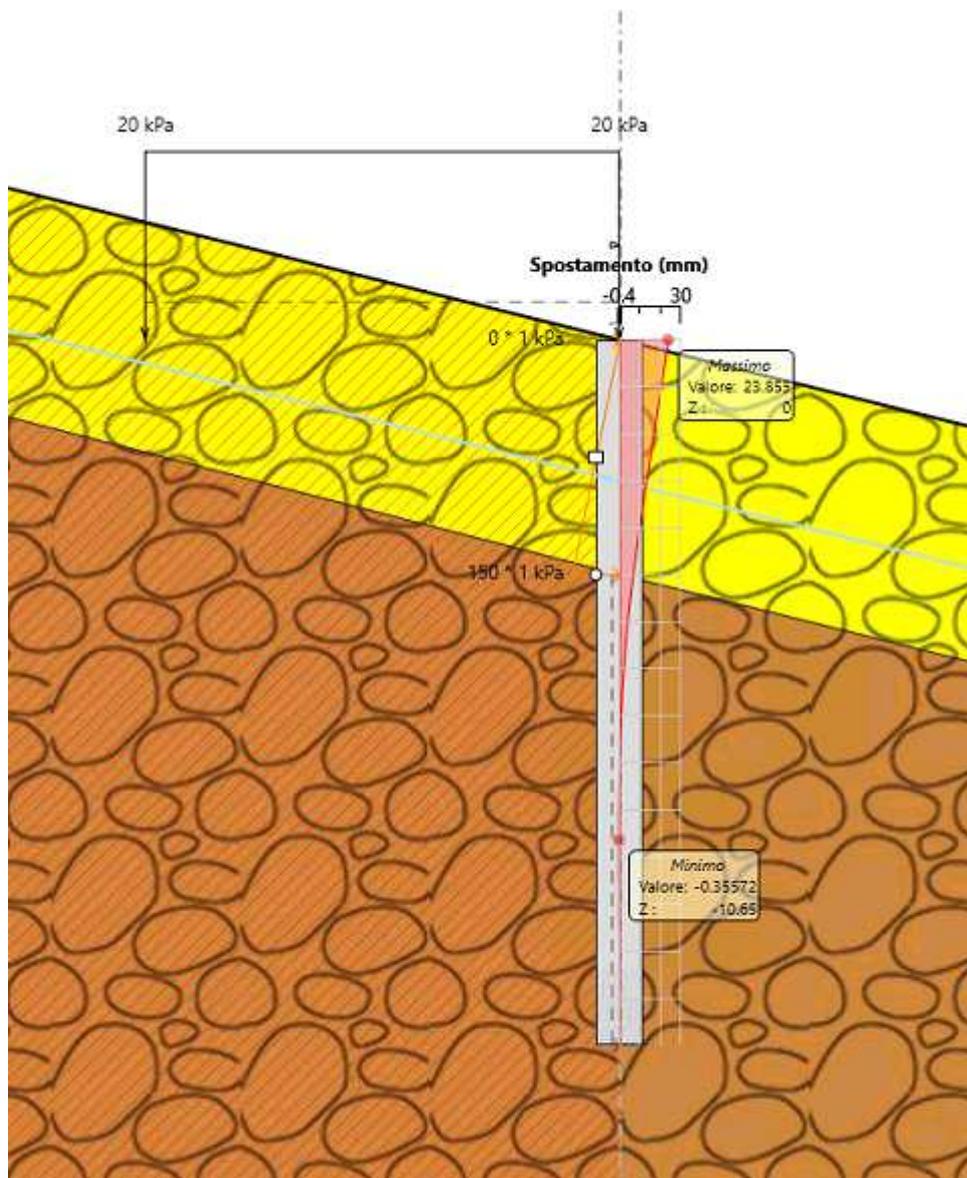


Figura 44: Frana numero 92 – A1 + M1 - Spostamenti – Valori Caratteristici

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.6.2 Risultati analisi strutturali sismiche

La fase sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe per la determinazione del fattore di spinta attiva in fase sismica distribuendo l'incremento di carico ottenuto in modo uniformemente distribuito su tutta la paratia ( $\Delta S_E$ ) immersa nel TRV non in frana.

Si riporta un'immagine del modello utilizzato in paratie per l'analisi sismica:

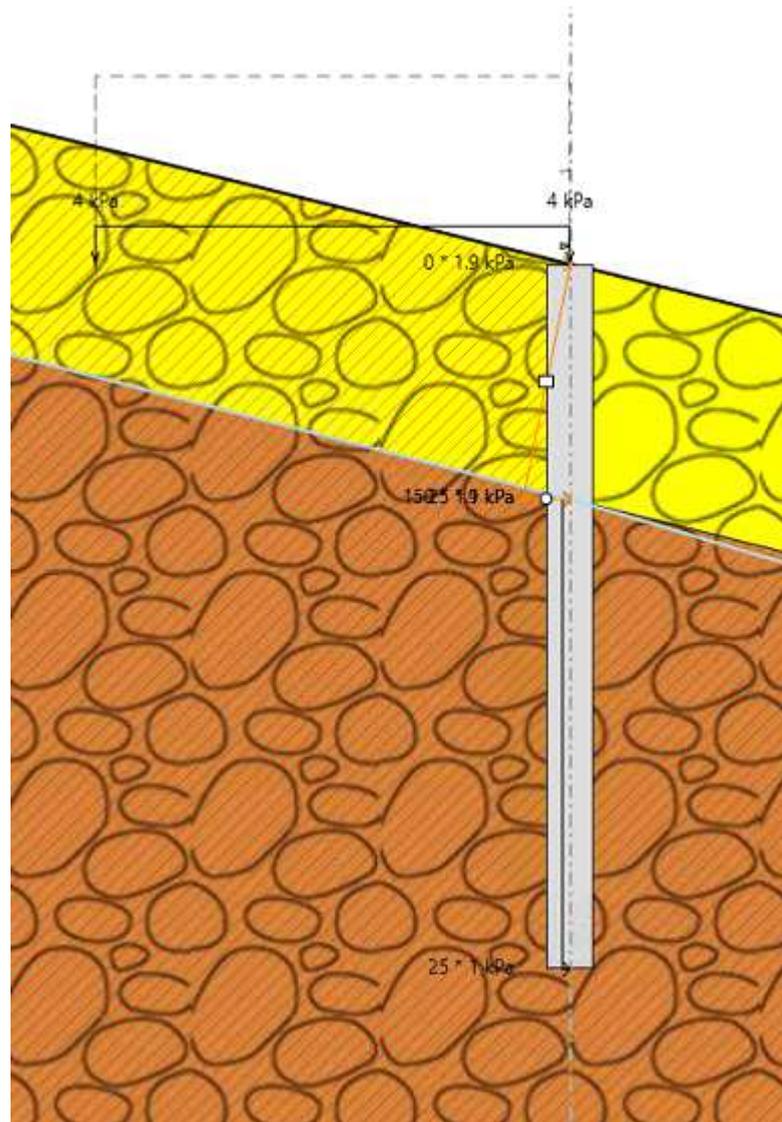


Figura 92 – Modello Paratie plus per analisi sismica

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 004</b>	REV. <b>A</b>

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

PARAMETRI SISMICI												
	htot	ag/g	Categori a di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/ g	α <sub>attiva</sub>	α <sub>p</sub> assi va	U <sub>s</sub>	β	kh <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>
<b>92_monte</b>	15	<b>0.1040</b>	C	1.5	1	<b>0.1560</b>	0.851	1	0.075	0.56	0.0742	0.0871
<b>92_2 monte</b>	15	<b>0.1040</b>	C	1.5	1	<b>0.1560</b>	0.851	1	0.075	0.56	0.0742	0.0871
<b>92_valle</b>	15	<b>0.1040</b>	C	1.5	1	<b>0.1560</b>	0.851	1	0.075	0.56	0.0742	0.0871
<b>92_2 valle</b>	15	<b>0.1040</b>	C	1.5	1	<b>0.1560</b>	0.851	1	0.075	0.56	0.0742	0.0871

PARAMETRI SISMICI													
ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	H <sub>tot</sub>	α <sub>attiva</sub>	α <sub>passiva</sub>	U <sub>s</sub>	β	kh <sub>attiva</sub>	kv(±) <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>	kv(±) <sub>passiva</sub>
0,0990	C	1,5	1	0,1485	15,0	0,854	1	0,075	0,56	0,0708	0,0000	0,0829	0,0000
MONONOBE - OKABE_Ka													
θ+ (M-O) [°]	β pendio [°]	ψ [°]	φ [°]	δ <sub>sisma</sub> [°]	K <sub>a,E</sub>	K <sub>a,E</sub> H	γ [kN/m³]	ΔS <sub>E</sub> [kPa]	ΔS <sub>qE</sub> [kPa]	carico [kPa]	k <sub>attiva statica</sub> H	sovr [kPa]	
4,051	14	90	24,0	16,0	0,5843	0,5617	20	28,40	0,40	28,81	0,461	4,000	

TRV1	monte			
	φ	14	°	FYN4
	α	90	°	
	β	0	°	
	δ <sub>STATICO</sub>	9,33	°	
	δ <sub>SISMICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>STATICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>SISMICO</sub>	4,74	°	
	i	14	°	
	kh	0,08	a/g	
	2θ <sub>STATICO</sub>	2,71	rad	
	2θ <sub>SISMICO</sub>	1,05	rad	
	kP <sub>STATICO</sub> H	2,333		
kP <sub>SISMICO</sub> H	2,004			

TRV2	monte				valle			
	φ	24	°	TRV	φ	24	°	TRV
	α	90	°		α	90	°	
	δ <sub>STATICO</sub>	16	°		δ <sub>STATICO</sub>	16	°	
	δ <sub>SISMICO</sub>	0	°		δ <sub>SISMICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>STATICO</sub>	0	°		ψ <sub>STATICO</sub>	0	°	
	i	14,00	°		i	-14,00	°	
	2θ <sub>STATICO</sub>	1,91	rad		2θ <sub>STATICO</sub>	0,14	rad	
	kP <sub>STATICO</sub> H	4,398			kP <sub>STATICO</sub> H	2,007		
	kP <sub>SISMICO</sub> H	3,18			kP <sub>SISMICO</sub> H	1,25		

Tabella 28 – Parametri sismici

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.6.2.1 ANALISI SLOPE

Il calcolo secondo la combinazione di parametri caratteristici è stato svolto anche in fase sismica.

Nella tabella in seguito si illustrano i parametri utilizzati per il calcolo del  $k_h$  e del  $k_v$  in SLOPE:

Frana n	Cat. di suolo	ag	Ss	St	$a_{max}/g$	$B_s$	$k_h$	$k_v$	F [kN] SISMICO
92	C	0.1043	1.5	1	0.1565	0.24	0.037	0.018	740

Tabella 29 – Analisi della forza stabilizzante – A1+M1+R1 – SLOPE

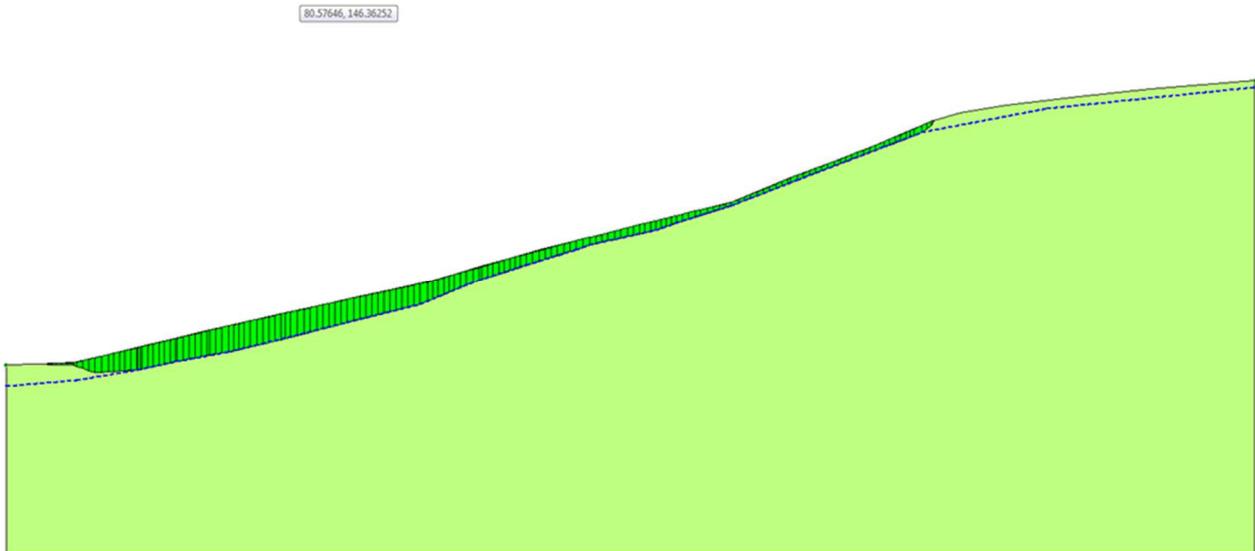


Figura 45: Frana numero 92 – Analisi Slope in parametri caratteristici (SISMA) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.6.2.2 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 92 – Spessore coltre 5m - Falda a 5m d.p.c. – inclinazione del pendio: 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	24	0.593	0.306	2.007	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	24	0.593	0.462	4,398	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	24	0.593	0.306	1.3	100000

**Tabella 30 – Parametri del modello**

13.3.6.2.3 Frana 92 – Momento Flettente

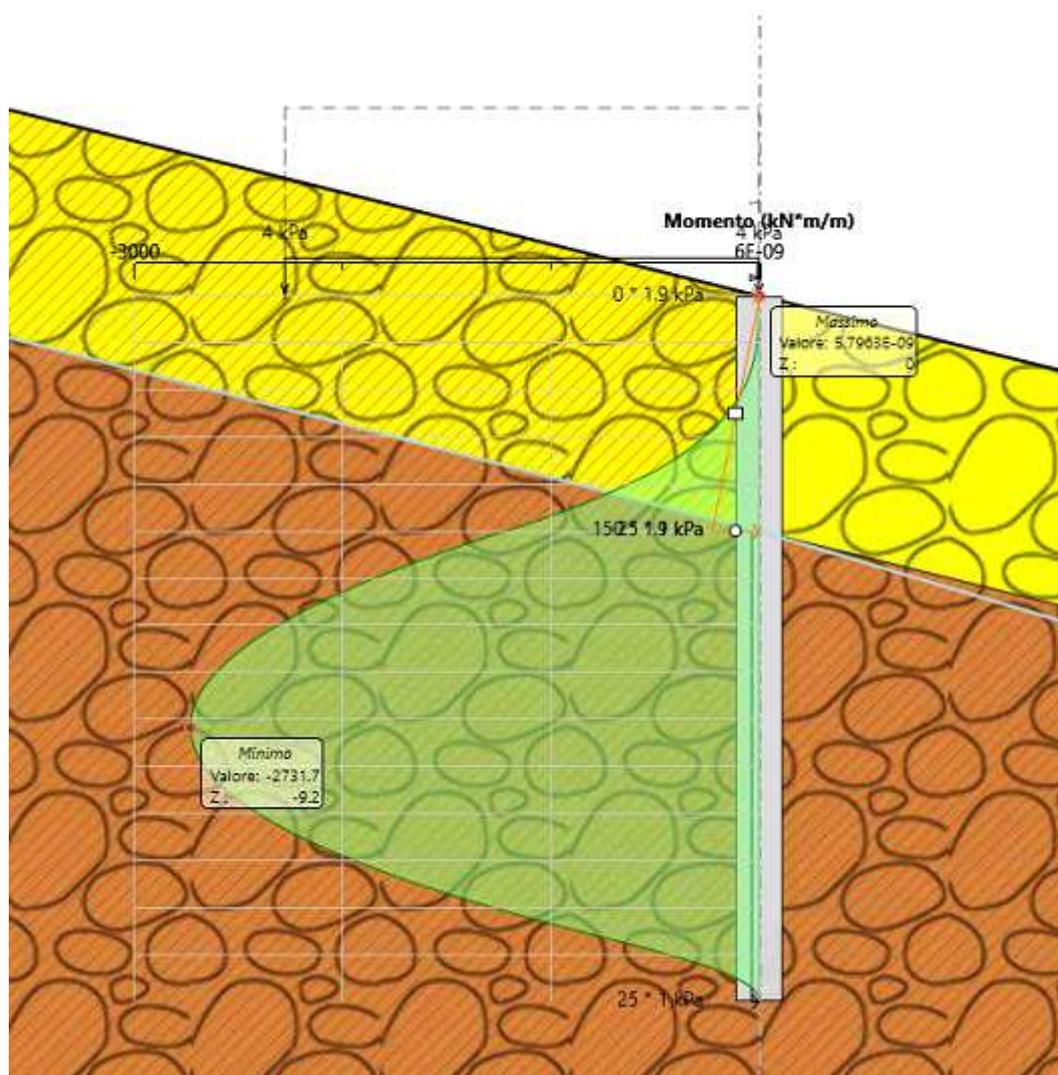


Figura 46: Frana numero 92 – Momento flettente

13.3.6.2.4 Frana 92 – Taglio

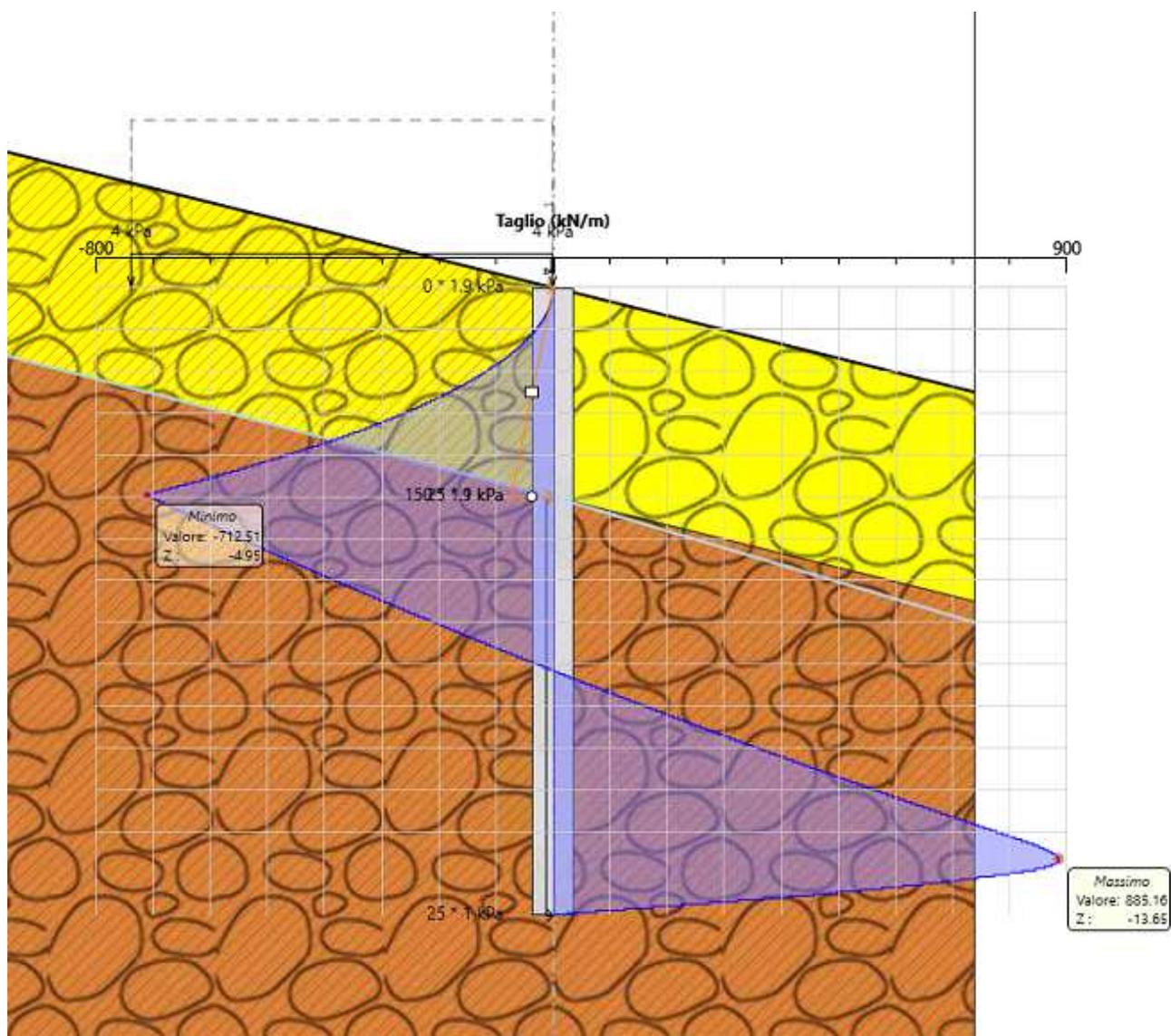


Figura 47: Frana numero 92 – Sisma - Taglio – Valori Caratteristici

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.6.3 Risultati Analisi con parametri ridotti (GEO)

#### 13.3.6.3.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F paratie[kN]
92	730	$730/5 \cdot 2 = 300$

Tabella 31 – Forza stabilizzante (GEO)

80.57646, 146.36252

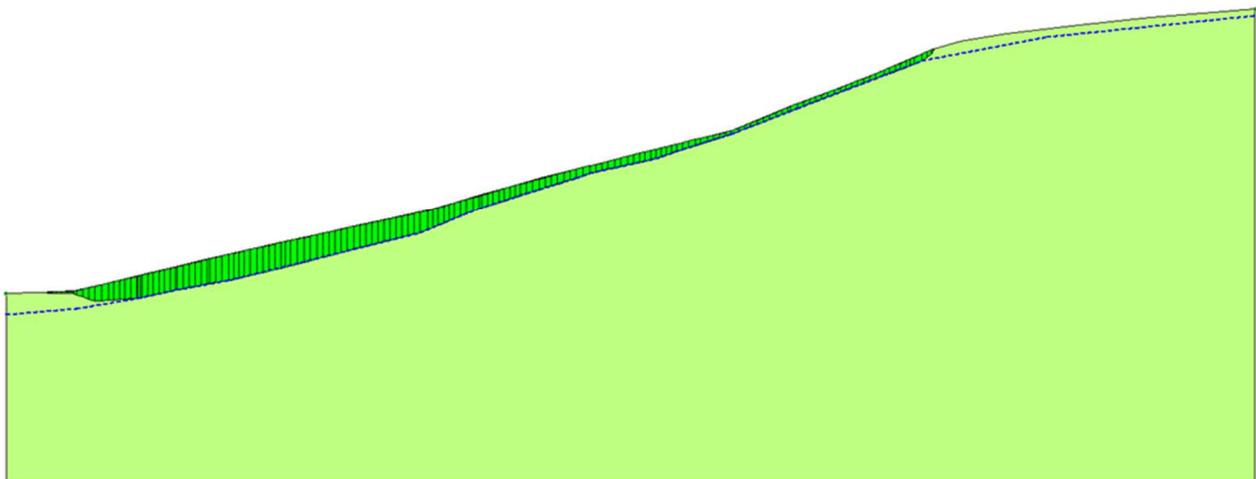


Figura 48: Frana numero 92 – Analisi Slope con parametri ridotti (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.6.3.2 ANALISI PARATIE

**Frana 92 – Spessore coltre 5m - Falda a 5 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	11.3	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	19.2	0.664	0.376	1.793	80000

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	19.2	0.678	0.533	3.163	80000

Tabella 32 – Parametri del modello (GEO)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.6.3.3 Frana 92 – Resistenza passiva

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal Stage	Riepilogo spinte Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
CaricoaMonte	1544	715.1	2259.1	95.6	3415.4	45.21%	16.15

Figura 49: Frana numero 92 – Resistenza passiva (GEO) – Valori Caratteristici

### 13.3.7 VERIFICHE A1+M1

In questo paragrafo si riportano le verifiche statiche e sismiche agli SLU SLE ed SLV secondo la normativa vigente (NTC 2018).

### 13.3.8 SLU -SLV- SLE

#### 13.3.8.1 Sollecitazioni di calcolo

Le sollecitazioni riportate di seguito derivano dall'analisi con il software Paratie Plus A1+M1 (STRU) sia in condizioni statiche che sismiche.

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R <sub>ck</sub>	30	Mpa	f <sub>yk</sub>	450	Mpa
f <sub>ck</sub>	25	Mpa	E <sub>s</sub>	200000	Mpa
E <sub>cm</sub>	31000	Mpa	γ <sub>c</sub>	1,15	-
γ <sub>c</sub>	1,5	-	f <sub>yd</sub>	391,3	Mpa
α <sub>cc</sub>	0,85	-	ε <sub>uk</sub>	75	‰
f <sub>cd</sub>	14,1	Mpa			
f <sub>ctm</sub>	2,6	MPa			
v	0,5	-			
ε <sub>c2</sub>	2	‰			
ε <sub>cu2</sub>	3,5	‰			
α <sub>e</sub>	15,0	-			
k <sub>t</sub>	0,4	-			
k <sub>1</sub>	0,8	-	Valori limite		
k <sub>2</sub>	0,5	-	0,45 f <sub>ck</sub>	11,2	Mpa
k <sub>3</sub>	1,71	-	0,8 f <sub>yk</sub>	360	Mpa
k <sub>4</sub>	0,425	-	W <sub>k,lim</sub>	0,3	mm

Frana 92								
STATO LIMITE	Fase di calcolo	Soll. Max.	Quota	M <sub>Sd</sub>	T <sub>Sd</sub>	N <sub>Sd</sub> (singolo palo)	DIAMETRO PALO	INTERASSE PALO
			[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]
SLU	Statica	Momento Max	-6,55	-942		-129	1,00	1,20
	Statica	Taglio Max	-4,95		-378,00	-97	1,00	1,20
SLV	Sisma	Momento Max	-9,2	-2731		-181	1,00	1,20
	Sisma	Taglio Max	-13,65		885	-268	1,00	1,20

Tabella 33 – Materiali e sollecitazioni di calcolo – A1+M1

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.8.2 Frana 92 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	M da paratie (kN*m)	M (kN*m)	N (kN)	M resistente(kN*m)
STATICO	-942(-7)	$-942 \cdot 1.3 \cdot 1.2 = -1470$	-129	-3492
SISMA	-2731(-9)	$-2731 \cdot 1.2 = -3278$	-181	-3475

Disegno: b10Circulari @100 cm1 - Sezione B10

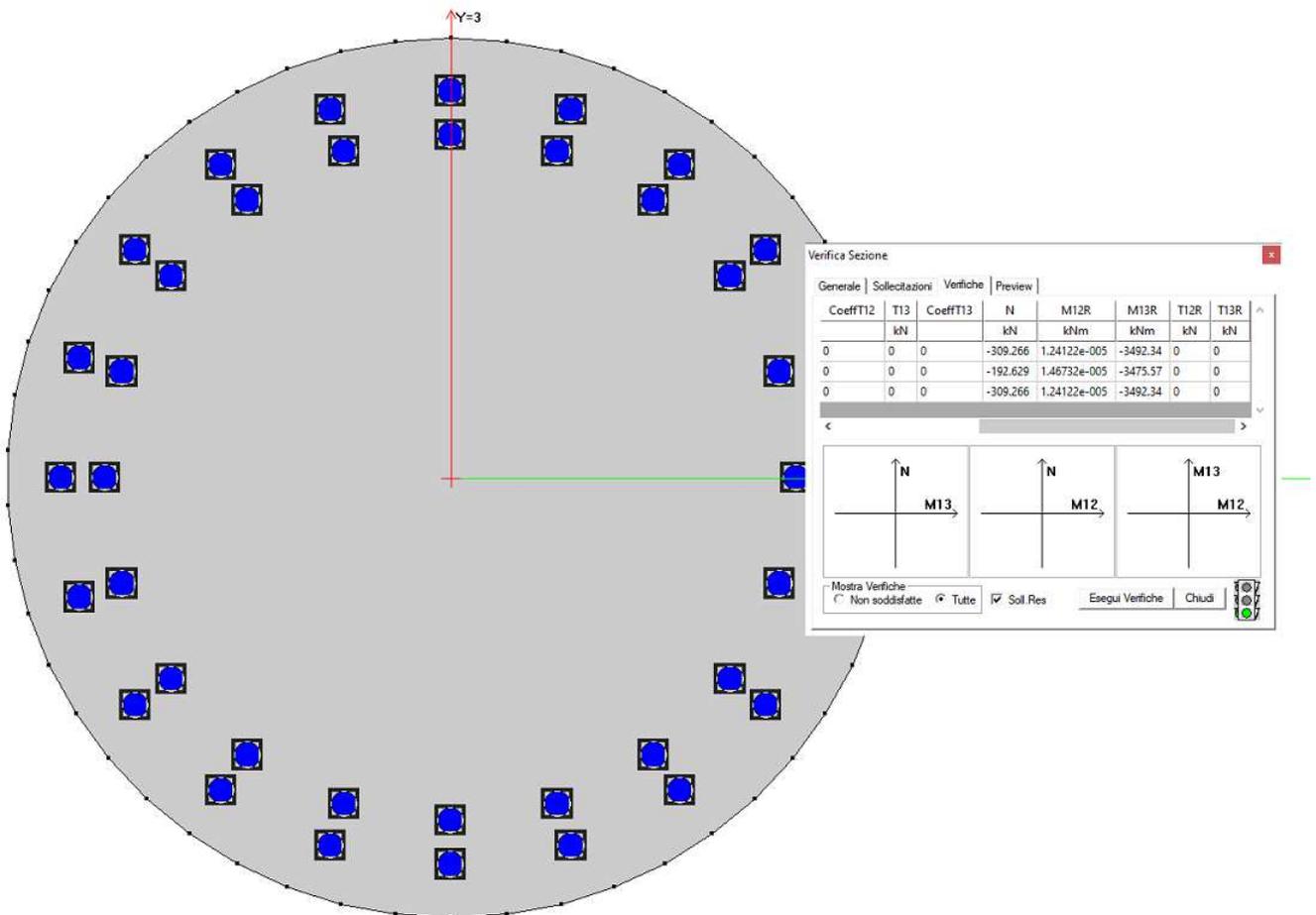


Figura 50- Verifica CMP - Palo 1000 – doppio strato 20  $\phi$ 30 – condizioni statiche

La verifica a pressoflessione è soddisfatta con doppio strato 20  $\phi$ 30

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

### 13.3.8.3 Frana 92 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	T da paratie (kN)	T (kN)	N (kN)	T resistente(kN)
STATICO	-360 (-3.5)	-360*1.3*1.2=-561.6	-69	607.7
SISMA	-574 (-3.5)	-574*1*1.2=-688.8	-69	810.3

#### STATICO

quota Ver	[m]	-3,5
V	[kNm/m]	-360,0
V	[kNm]	-561,6
N	[kN]	-68,7
<b>Vrd</b>	<b>[kNm]</b>	<b>607,7</b>
Arm. Spir.	Ø [mm]	14,0
	passo [cm]	20,0
A	[mm <sup>2</sup> ]	307,9
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	0,0
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1980,7
V Rsd	[kN]	607,7

#### SISMA

quota Ver	[m]	-3,5
V	[kNm/m]	-574,0
V	[kNm]	-688,8
N	[kN]	-68,7
<b>Vrd</b>	<b>[kNm]</b>	<b>810,3</b>
Arm. Spir.	Ø [mm]	14,0
	passo [cm]	15,0
A	[mm <sup>2</sup> ]	307,9
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	0,0
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1980,7
V Rsd	[kN]	810,3

fyk	γ <sub>S</sub>	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]
fck	γ <sub>C</sub>	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

fyk	γ <sub>S</sub>	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]
fck	γ <sub>C</sub>	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

Tabella 34 – Verifica a Taglio - SLU – A1+M1 – condizioni statiche

La verifica a taglio è soddisfatta con una spirale φ14 passo 15cm.

### 13.3.8.4 Frana 92 – SLE

Distanza b (Droite) Ø100 cm) - Estero Bus  
 M12 = 1463.999 kNm M13 = 0 kNm R = 120.0000 kN  
 Coordinate Assi Nodali: P1(-45.9459 cm, -10.2733 cm) - P2(46.3459 cm, -10.2733 cm)  
 P1 = app(1) Balcastro della p.d.a.; X = 0, cm Y = 2.015 + 5 cm  
 Unità di misura Tensioni (N/mm²)

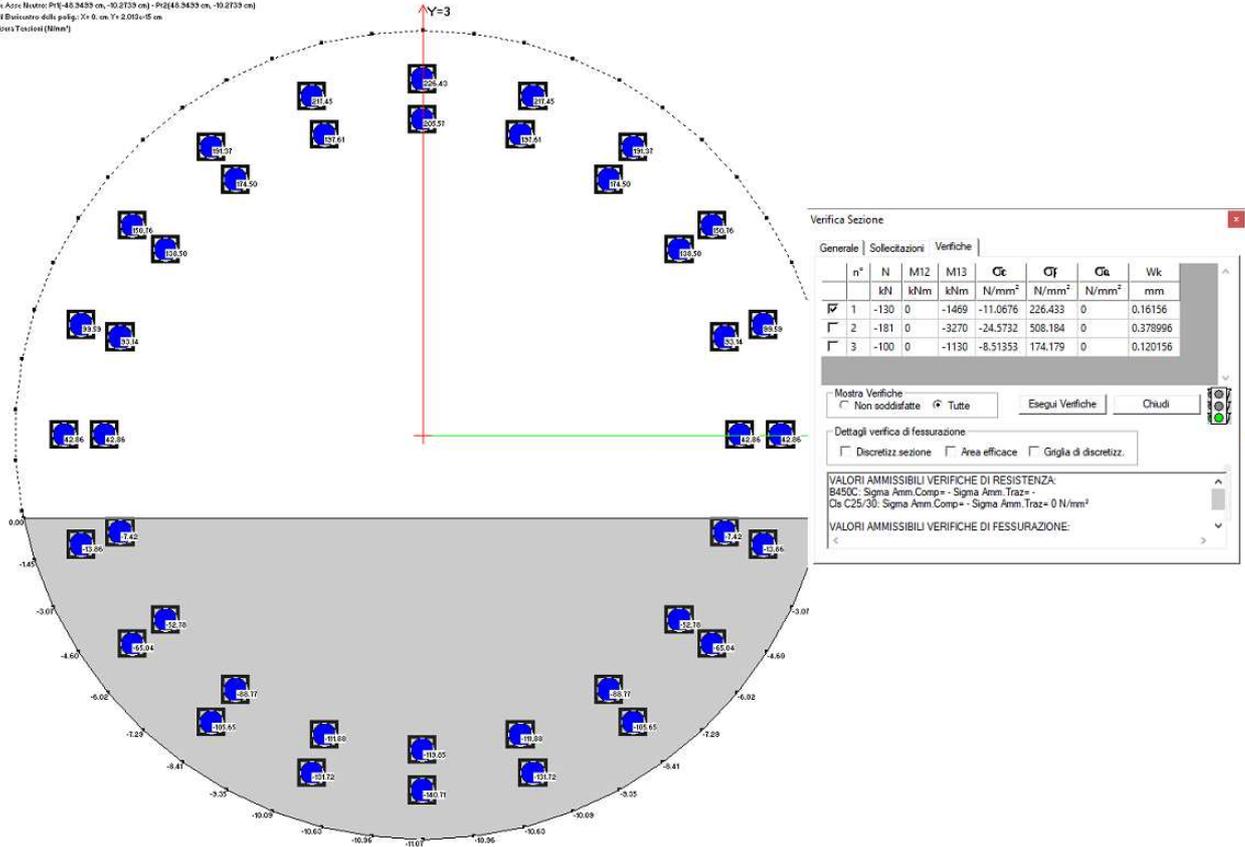


Tabella 35 – Verifica SLE-STATICO

Tabella 29 – Verifica SLE-SISMA

VALORI DI FESSURAZIONE : WK (mm)	
SLE	0.09

Le verifiche SLE sono soddisfatte.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

#### 14. MONITORAGGIO GEOTECNICO

Il monitoraggio di fenomeni franosi rappresenta la base per la realizzazione di piani e programmi che hanno come obiettivo la prevenzione dei rischi connessi all'instabilità dei versanti e al dissesto idrogeologico. Un piano di emergenza nel caso di rischio frana deve disporre di sistemi di controllo che consentano di individuare con sufficiente precisione la possibile evoluzione del fenomeno.

Come riportato all'interno delle NTC2018 (par. 6.2.5 e 6.2.6), si deve far riferimento al metodo osservazionale, in quanto: "Il monitoraggio ha lo scopo di verificare la validità della soluzione progettuale adottata o, in caso contrario, di individuare la più idonea delle soluzioni alternative previste".

Generalmente il controllo può essere suddiviso in:

- Controllo dei parametri meteorici
- Controllo dei movimenti superficiali
- Controllo dei movimenti profondi e dei livelli di falda

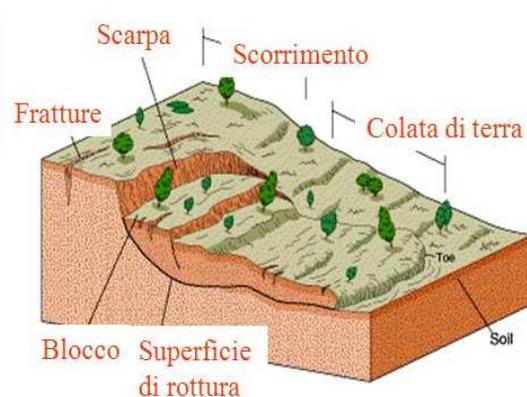


Figura 51. Schema frana complessa

##### 14.1 Controllo parametri meteorici

È prevista la lettura delle stazioni pluviometriche disponibili, poste nelle vicinanze delle opere in esame

##### 14.2 Controllo dei movimenti superficiali

Il piano di monitoraggio prevede l'installazione di mire topografiche o miniprismi, sulle opere di presidio effettuate.

Inizialmente si può prevedere sufficiente una frequenza di aggiornamento semestrale, ma tale valore potrà essere integrato alla luce delle risultanze.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A

In particolare sarà necessario avere come risultato dal monitoraggio dei punti a terra lo spostamento tridimensionale, pertanto nel monitoraggio delle aree di frana dovrà essere presa in considerazione l'installazione di target topografici riflettenti o miniprismi ottici, in funzione della frequenza e della modalità di lettura richiesta (manuale o automatica).

#### 14.3 Controllo dei movimenti profondi e dei livelli di falda

Il piano di monitoraggio prevede l'adozione d'inclinometri e piezometri, ubicati nelle aree costituite da colamenti, frane complesse in esame.

#### 14.4 Frequenza di lettura

Il programma di acquisizione dati del monitoraggio è riportato indicativamente nella tabella. Le frequenze, dovranno essere adeguate alle risultanze in corso d'opera e alle tempistiche di esecuzione, inoltre sono valutate considerando una realizzazione delle opere senza interruzioni dei lavori.

Nella colonna "corso d'opera" sono indicate le frequenze relative al periodo in cui l'opera effettivamente interferisce con lo strumento.

Le eventuali ulteriori letture di controllo proseguiranno con frequenze da definire in corso d'opera. Pertanto, in funzione dei risultati e dell'andamento, le frequenze esposte potranno essere ridefinite in accordo con il Progettista e la D.L.

I periodi relativi all'ante operam e al post operam sono rispettivamente pari a 6 mesi dall'inizio dei lavori e 12 mesi dopo la fine dei lavori.

Monitoraggio	Strumentazione	n r	ante operam	corso d'opera	post operam*
	Inclinometri	1	2/settimana	1/giorno	2 letture/ mese dopo costruzione In assenza di movimenti: 1 lettura ogni 6 mesi per due anni*
	Piezometri	1	1/mese	1/settimana	
	target topografici (su paratia e corpo di frana)	-	-	1/giorno	

Tabella 36. Strumentazione monitoraggio geomorfologico e frequenze di lettura

\* frequenza da calibrare in funzione In funzione di quanto monitorato

#### 14.5 Definizione delle soglie di attenzione e di allarme

Il controllo mediante monitoraggio si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare l'instaurarsi di una situazione deformativa e/o tensionale particolare. Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo in funzione dei valori di soglia definiti, vengono attuate eventuali

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. A	FOGLIO 130 di 130

azioni e contromisure. I valori fissati per tali soglie sono funzione dei risultati previsti dai calcoli di progetto relativamente ai parametri salienti quali spostamenti, deformazioni, tensioni, ecc.; questi limiti sono definiti come:

- Soglia di attenzione: è definito come una quota parte delle risultanze delle sollecitazioni (o delle deformazioni) di progetto; il superamento di questo limite implica l'incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve, in modo da valutare il potenziale instaurarsi di eventi e rapida evoluzione che potrebbero risultare incontrollabili.
- Soglia di allarme: definita in funzione del livello deformativo-tensionale più gravoso per una determinata situazione. Il suo superamento implica il coinvolgimento della Direzione Lavori per la valutazione di opportune contromisure.

Le contromisure da adottare in caso di superamento dei limiti di allarme, hanno lo scopo di riportare la situazione reale entro i limiti previsti in progetto. Azioni da eseguire nel caso del superamento del valore di soglia di allarme potranno essere quelle di prevedere l'inserimento di tiranti al fine di limitare gli spostamenti della paratia, oppure la realizzazione di una seconda fila di pali al fine di aumentare la rigidità dell'opera.