

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 TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA – LOTTO 4A

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 RH GE0000 006 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Giugno 2021	M. Arcangeli	Giugno 2021	A. Barreca	Giugno 2021	F. Arduini Aprile 2020

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO	4
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
4.	APPROCCIO METODOLOGICO.....	5
4.1.	MODELLO GEOLOGICO	5
4.2.	MODELLO GEOTECNICO.....	8
5.	SCELTA DELLE OPERE DI PRESIDIO	10
5.1	DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI PER I COLAMENTI	10
5.2	DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI PER I SOLIFLUSSI.....	14
6.	QUADRO SINOTTICO DELLE FRANE E DEGLI INTERVENTI PREVISTI	16
7.	MONITORAGGIO GEOTECNICO.....	19
7.1	CONTROLLO PARAMETRI METEORICI	19
7.2	CONTROLLO DEI MOVIMENTI SUPERFICIALI.....	19
7.3	CONTROLLO DEI MOVIMENTI PROFONDI E DEI LIVELLI DI FALDA	20
7.4	FREQUENZA DI LETTURA	20
7.5	DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME	20
8.	ALLEGATI.....	22
8.1.	MISURE PIEZOMETRICHE	22
8.2.	MISURE INCLINOMETRICHE (ESTRATTI).....	23

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</p>					
	<p>RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA</p>	<p>COMMESSA RS3U</p>	<p>LOTTO 40 D 29</p>	<p>CODIFICA RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 006</p>	<p>REV. A</p>

1. *PREMESSA*

Il presente documento, riguardante lo studio 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 in esame 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 dapprima inquadrati i dissesti rilevati, successivamente si presenta il metodo e lo studio adottati per la loro caratterizzazione ed infine si descrivono le opere di mitigazione a protezione delle infrastrutture in progetto.

Si precisa a riguardo che il metodo di studio adottato per i dissesti prevede dapprima la redazione del modello geologico e geomorfologico, successivamente l'elaborazione del modello geotecnico il quale non necessariamente coincide esattamente con il primo. In questo caso, infatti, l'obiettivo primario è quello di definire un modello finalizzato al dimensionamento delle opere di presidio pertanto si avvale di metodi analitici e numerici che tengono conto non solo delle evidenze geomorfologiche ma anche delle caratteristiche meccaniche dei terreni coinvolti e dei cinematismi possibili in funzione delle condizioni statiche.

I criteri di interpretazione ed elaborazione tengono conto del fatto che lungo il tracciato in esame sono stati rinvenuti fondamentalmente depositi limoso – argillosi superficiali che si adagiano sul substrato costituito da alternanze di rocce sedimentarie.

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 movimentazione delle aree di dissesto: esse forniscono il presidio a garanzia della stabilità delle opere e delle porzioni di versante direttamente interessate.

La scelta tipologica delle opere di presidio adottate in corrispondenza dei dissesti rilevati risponde anche all'esigenza di minimizzare gli interventi di manutenzione a lungo termine: pertanto la scelta della tipologia di opera è ricaduta su una struttura di contenimento interrata volta a contenere le spinte dovute alla possibile mobilitazione dei dissesti, preservando in questo modo le opere interferenti inerenti il progetto. Infatti altre tipologie di opere di presidio quali ad esempio le trincee drenanti richiedono un elevato livello di manutenzione nel tempo.

Tenendo conto della necessità di garantire la funzionalità delle opere, nell'ambito della progettazione delle suddette opere, si prevede, nel lungo termine, l'adozione di un approccio osservazionale basato sulla raccolta e l'analisi dei dati di monitoraggio al fine di verificare il livello di sicurezza e, quindi, le ipotesi progettuali.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</p>					
<p>RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA</p>	<p>COMMESSA RS3U</p>	<p>LOTTO 40 D 29</p>	<p>CODIFICA RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 006</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 4 di 31</p>

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”

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A

4. APPROCCIO METODOLOGICO

4.1. MODELLO GEOLOGICO

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;

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A

(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 Calcarea di Base, con giacitura approssimativamente monoclinale subparallela al pendio; sul lato occidentale, la giacitura a reggipoggio del calcarea 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, vallecicole 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.

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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A	FOGLIO 7 di 31

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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A

4.2. MODELLO GEOTECNICO

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;
- 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 V_p e di taglio V_s ;
- 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

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.

Il modello geotecnico in questione è una sezione del corpo di frana implementato con il Metodo all'Equilibrio Limite (analisi con il software SLOPE).

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 alle azioni sismiche.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A

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 della coltre, qualora non risulti da calcolo una condizione di incipiente instabilità ($FS < 1$).

L'angolo di attrito residuo della coltre instabile è stato derivato dalle prove di laboratorio e/o dalle correlazioni di letteratura.

Pertanto nel corso dello studio in fase geotecnica alcune delle ipotesi del modello geologico 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).

Per lo spessore del corpo di frana ed i livelli idraulici si fa infine in confronto con le letture che si sono acquisite nel lasso temporale disponibile con particolare riferimento alla strumentazione installata in corrispondenza di ogni corpo franoso (stralci delle misure sono riportati in allegato). Le deformazioni più superficiali confermano quanto previsto dal modello geotecnico

In questa sede si è analizzato anche il corpo di frana numero 97-97bis, il quale a differenza degli altri movimenti sinora citati, in base alla caratterizzazione geomorfologica precedentemente descritta, rappresenta, per le caratteristiche rilevate in sito, un accumulo attualmente inattivo e quindi stabile; pertanto a differenza delle frane classificate come attive o quiescenti, è caratterizzato da un coefficiente di sicurezza attuale maggiore di 1. Per questo corpo di frana quindi, è stata inizialmente effettuata una back analysis (sul massimo spessore ipotizzato) in cui il modello geotecnico è stato predisposto in modo da ottenere $FS > 1$ (seppur di poco a favore di sicurezza). Questo modello tiene conto delle caratteristiche geometriche e di livelli di falda attuali e delle caratteristiche geotecniche ipotizzate.

Tabella riassuntiva dei dissesti opere all'aperto e relativa strumentazione installata

FRANA	SONDAGGI	INCLINOMETRO	PIEZOMETRO
85v	-	-	-
2	4a-S06	Si - 4a-S06	4a-S06bis
29	4a-SI1-GN1	Si - 4a-SI1-GN1	-
30	4a-GN1-S06	Si - 4a-GN1-S06	4a-GN1-S06
31	-	-	-
31a	-	-	-
91	4a-SI-06	Si - 4a-SI-06	4a-SI-06
92	4a-SI-07	Si - 4a-SI-07	4a-SI-07
93	4a-SI-08	Si - 4a-SI-08	4a-SI-08bis
31v	-	-	-
97-97bis	4a-V15	Si - 4a-V15	4a-V15
101	4a-V16	Si - 4a-V16	4a-V16

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A	FOGLIO 10 di 31

5. SCELTA DELLE OPERE DI PRESIDIO

Come già evidenziato in premessa la scelta tipologica delle opere di presidio adottate in corrispondenza dei dissesti rilevati risponde anche all'esigenza di minimizzare gli interventi di manutenzione a lungo termine: pertanto la scelta della tipologia di opera è ricaduta su una struttura di contenimento interrata volta a contenere le spinte dovute alla possibile mobilitazione dei dissesti, preservando in questo modo le opere interferenti inerenti il progetto. Infatti altre tipologie di opere di presidio quali ad esempio le trincee drenanti richiedono un elevato livello di manutenzione nel tempo.

Pertanto la differenziazione fra un dissesto (colamenti) e l'altro, a parità di tipologia di dissesto, dipende esclusivamente dal dimensionamento delle paratie.

5.1 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI PER I COLAMENTI

Per le frane 2,91,92 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, la cui profondità di infissione è di circa 15 m da p.c.

Il tipo di opera previsto per la frana 101 è quello di una paratia ad arco avente una lunghezza di infissione di circa 15 m da p.c. posta a protezione della pila del viadotto NW02 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.

La frana 97 consta invece di paratie configurate planimetricamente ad arco a protezione delle pile del viadotto NW02 e costituite da pali disposti su due file a quinconce con diametro 1500, interasse 1.70m e profondità di infissione 25 m d.p.c, anch'esse armate con ferri $\Phi 30$. Si sono disposti anche dei drenaggi per diminuire accumuli localizzati di falda a tergo della paratia, dovuti ad eventi meteorici e smaltiti con una canaletta a valle in calcestruzzo. Queste paratie saranno predisposte a valle della frana a protezione delle fondazioni dei plinti del viadotto NW02.

In testa è disposta una trave di coronamento che sporge al di sopra del piano 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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A

Le immagini seguenti mostrano gli interventi tipologici applicati per la stabilizzazione delle frane n.2,91,92,101 e 97 bis.

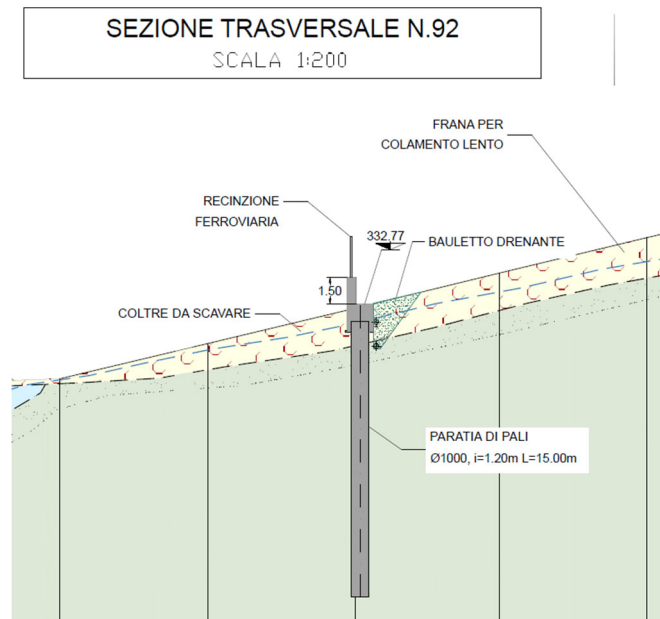


Figura 1 – Esempio: intervento tipologico per le frane 2,91,92 e 101

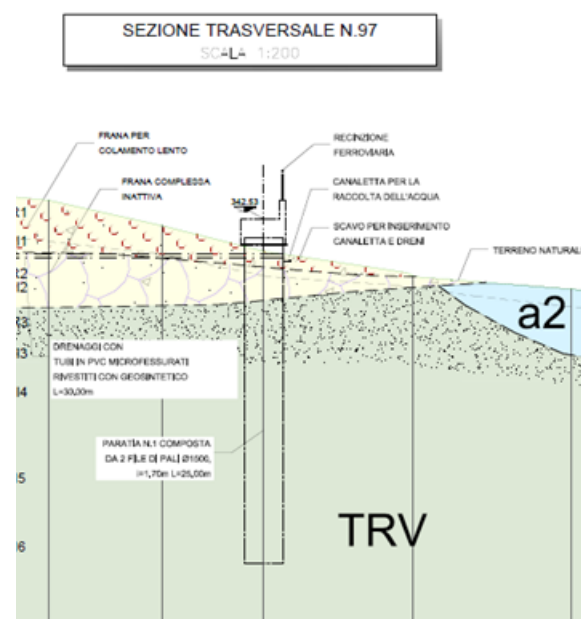


Figura 2 – Esempio: intervento tipologico per la frana 97bis

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A	FOGLIO 12 di 31

4.2.1. Metodologia di calcolo delle paratie

A partire dal modello geotecnico definito nel capitolo 4.2. il dimensionamento delle paratie avviene come di seguito esplicitato.

Si distinguono 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 poi riapplicata nell'analisi della paratia (Analisi svolta con il software 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 poi riapplicata nell'analisi della Paratia (Analisi svolta con il software 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, una forza stabilizzante nella zona di installazione dell'opera, 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:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</p>					
<p>RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA</p>	<p>COMMESSA RS3U</p>	<p>LOTTO 40 D 29</p>	<p>CODIFICA RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 006</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 13 di 31</p>

- 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.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)</p>					
	<p>RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA</p>	<p>COMMESSA RS3U</p>	<p>LOTTO 40 D 29</p>	<p>CODIFICA RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 006</p>	<p>REV. A</p>

5.2 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI PER I SOLIFLUSSI

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

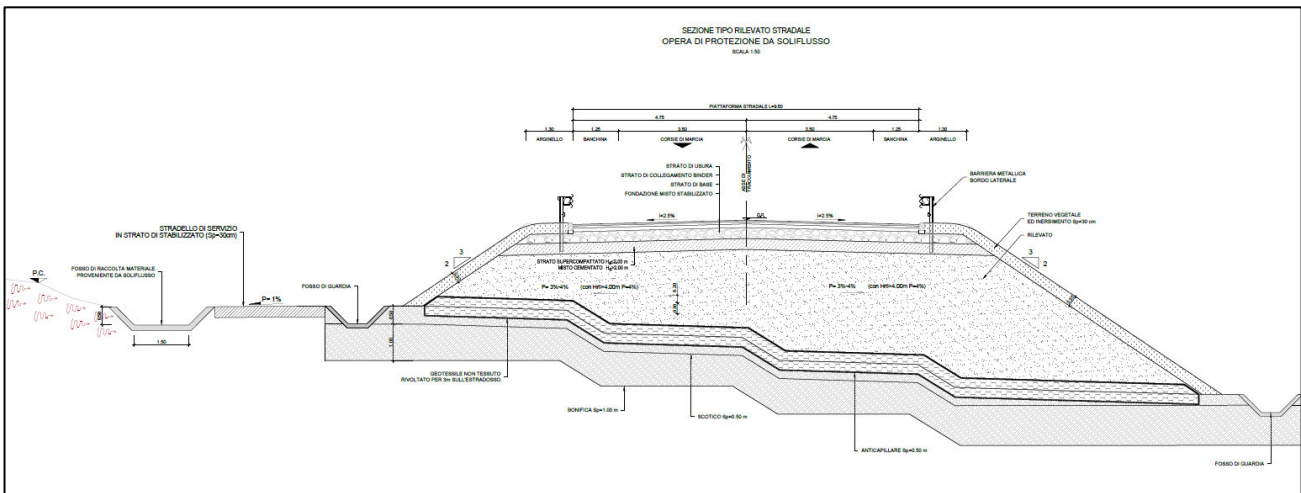


Figura 3: Sezione tipo rilevato stradale – opera di protezione da soliflusso

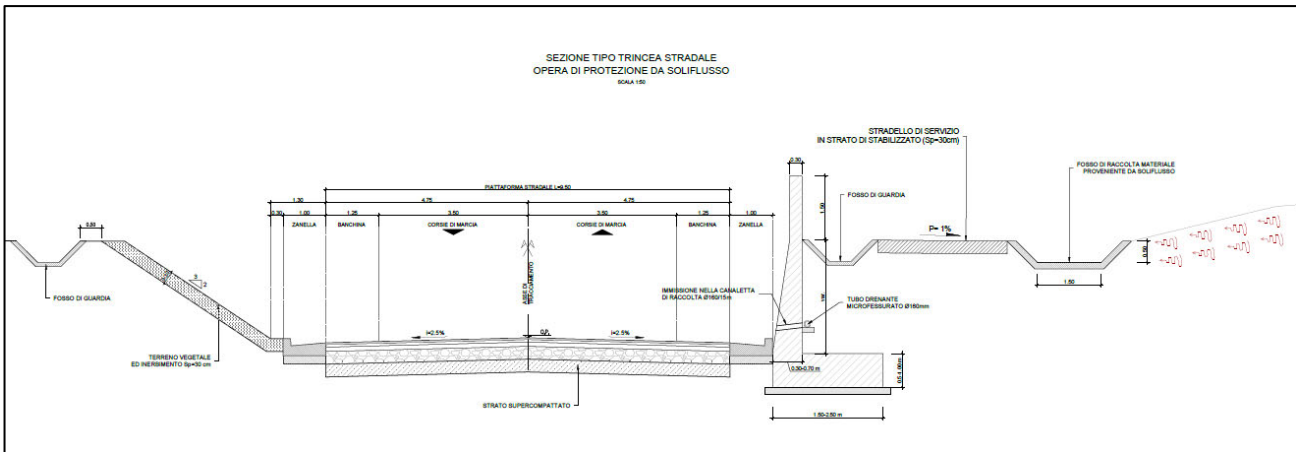


Figura 4: Sezione tipo trincea stradale – opera di protezione da soliflusso

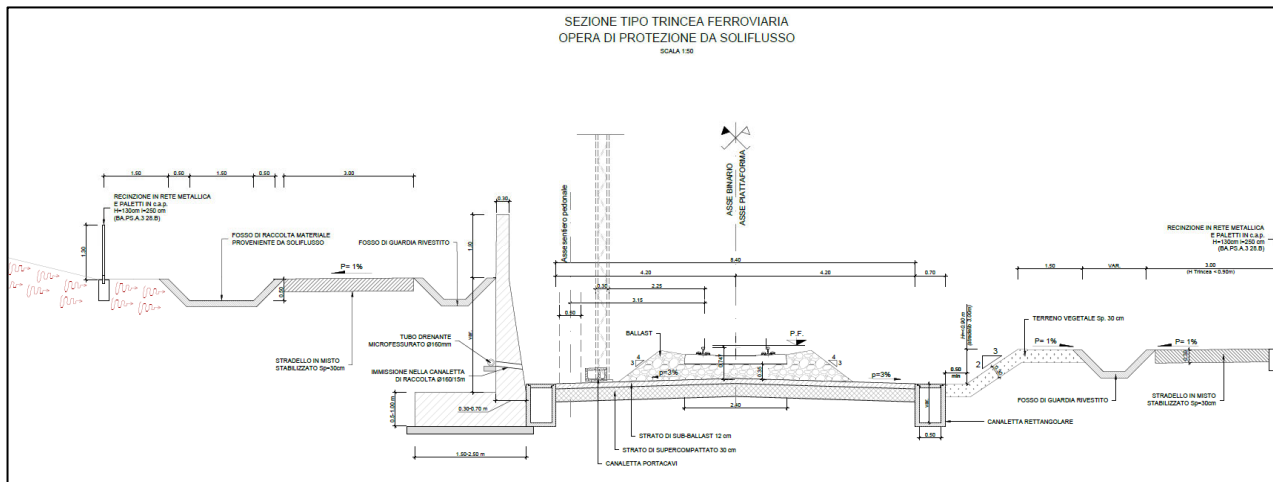


Figura 5: Sezione tipo trincea ferroviaria – opera di protezione da soliflusso

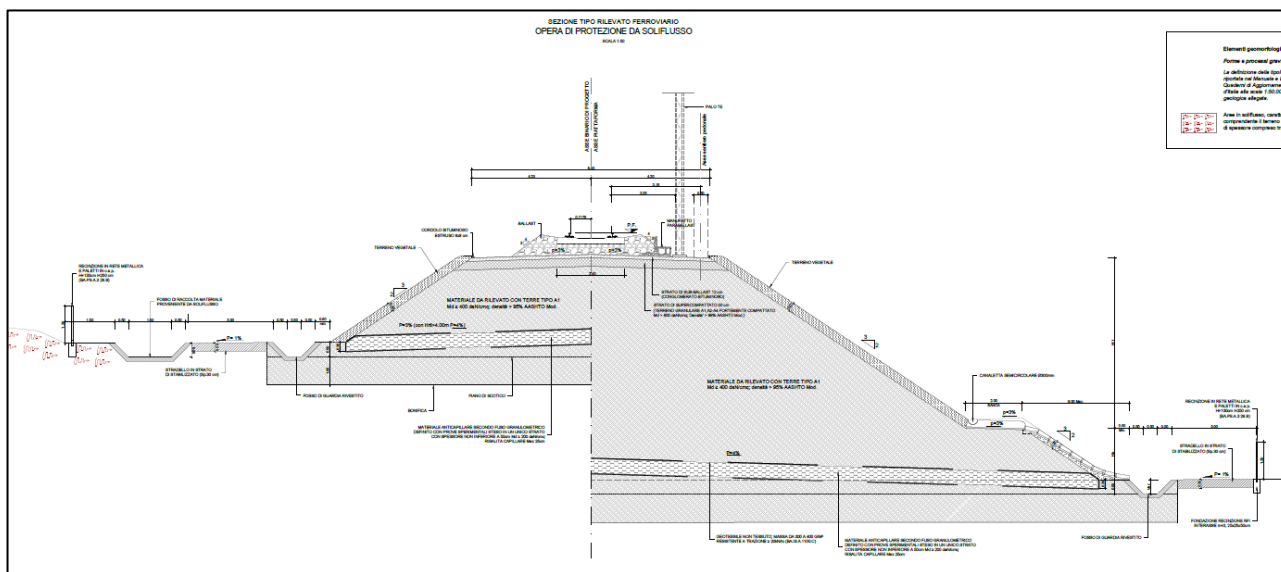


Figura 6: Sezione tipo rilevato ferroviario – opera di protezione da soliflusso

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 4a)					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E METODOLOGICA	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. A

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.

6. **QUADRO SINOTTICO DELLE FRANE E DEGLI INTERVENTI PREVISTI**

Si propone in seguito una tabella riassuntiva dei singoli dissesti presenti nel presente lotto e relativa interferenza con le WBS di progetto.

Tabella 1 – Tabella riassuntiva dei dissesti del lotto 4

n.sezione	opera di presidio	tipologia	wbs/OPERA	documento
85v	no	-	non interferente	-
2	si	Paratia di pali fi 1000 int. 1.2m L=15m	VI02/RI03	
4	no	-	non interferente (GN01)	-
4a	no	-	non interferente (GN01)	-
5	no	-	non interferente (GN02)	-
6	no	-	non interferente (GN02)	-
7	no	-	non interferente (GN03)	-
8	no	-	non interferente (GN03)	-
9	no	-	non interferente (GN03)	-
10	no	-	non interferente (GN03)	-
11	no	-	non interferente (GN03)	-
29	si	Paratia di pali fi 1000 int. 1.2m L=var	GN01*	RS3U40D07CLGA0000001C – Relazione tecnica e di calcolo imbocco Montestretto lato CT
30	si	Paratia di pali fi 1000 int. 1.2m L=var	GN01*	RS3U40D07CLGA0000001C – Relazione tecnica e di calcolo imbocco Montestretto lato CT
31	si	Muro su pali di contenimento del rilevato	RI10 *	RS3U40D29CLMU0600001B Paratie di pali MU06 - RELAZIONE DI CALCOLO
31v	no	-	fuori tracciato	-

<i>n.sezione</i>	<i>opera di presidio</i>	<i>tipologia</i>	<i>wbs/OPERA</i>	<i>documento</i>
31a	no	-	non interferente	-
91	<i>si</i>	Paratia di pali fi 1000 int. 1.2m L=15m	RI13	
92	<i>si</i>	Paratia di pali fi 1000 int. 1.2m L=15m	RI13	
93	<i>si</i>	Paratia di pali fi 1000 int. 1.2m L=15m	RI13	
171	no	-	non interferente (GN03)	-
97	<i>si</i>	Paratia di pali fi 1500 su due file int. 1.7m L=25m	NV97-NW02*- GN03	Specifico documento NV97 – viadotto NW02 RS3U40D09RHNW0200002A
101	<i>si</i>	Paratia di pali fi 1000 int. 1.2m L=15m	NV97-NW02*	Specifico documento NV97 – viadotto NW02 RS3U40D09RHNW0200002A

 ITALFERR 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 RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

Si riportano di seguito le 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

 ITALFERR 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 RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

7. 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

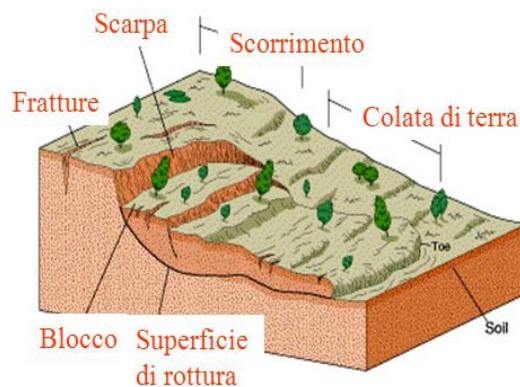


Figura 7. Schema frana complessa

7.1 Controllo parametri meteorici

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

7.2 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.

In particolare sarà necessario avere come risultato dal monitoraggio dei punti a terra lo spostamento tridimensionale, pertanto nel monitoraggio delle are di frana dovrà essere presa in considerazione

 ITALFERR 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 RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C

l'installazione di target topografici riflettenti o miniprismi ottici, in funzione della frequenza e della modalità di lettura richiesta (manuale o automatica).

7.3 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.

7.4 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
	Piezometri	1	1/mese	1/settimana	
	target topografici (su paratia e corpo di frana)	-	-	1/giorno	In assenza di movimenti: 1 lettura ogni 6 mesi per due anni*

Tabella 2. Strumentazione monitoraggio geomorfologico e frequenze di lettura

* frequenza da calibrare in funzione In funzione di quanto monitorato

7.5 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 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:

 ITALFERR 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 RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 21 di 31

- 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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 004	REV. C	FOGLIO 23 di 31

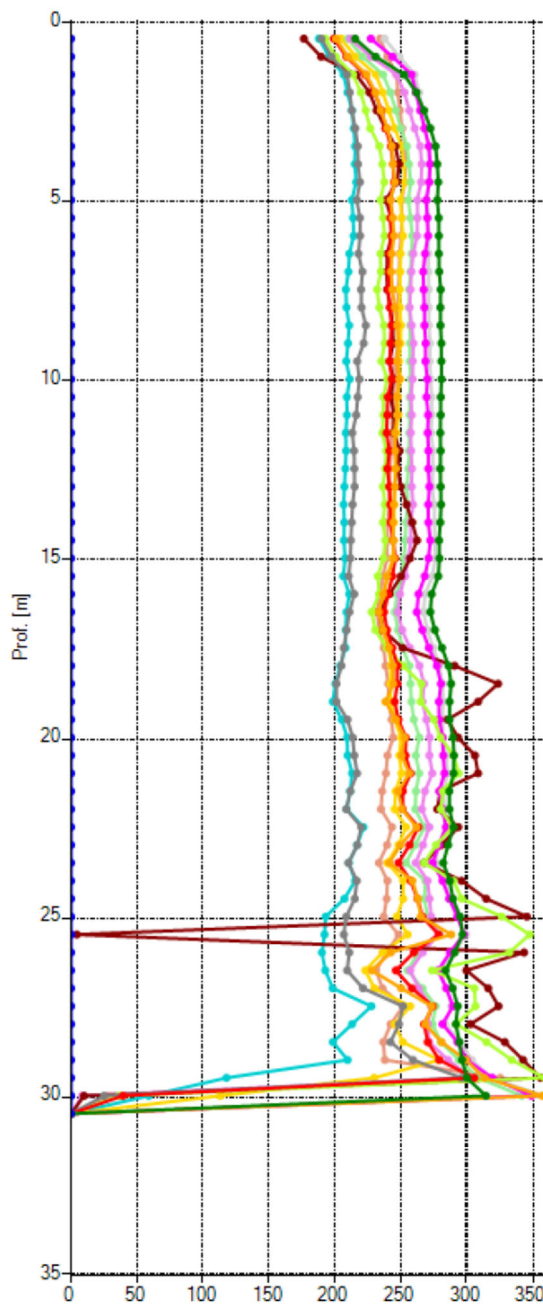
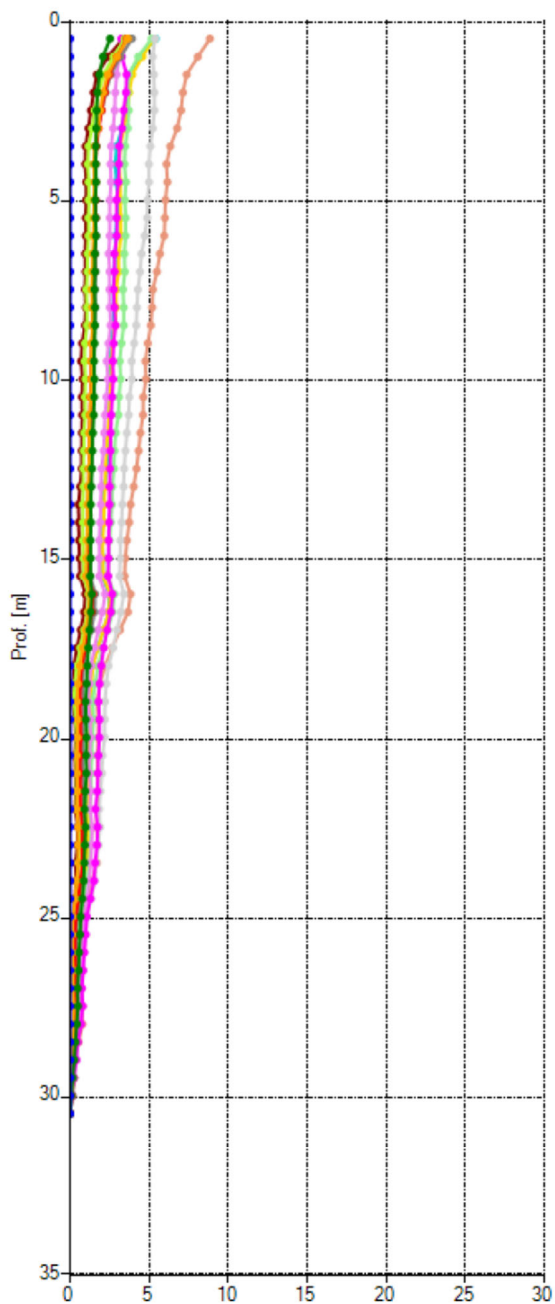
8.2. MISURE INCLINOMETRICHE (ESTRATTI)

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	24 di 31

Risultante [mm]

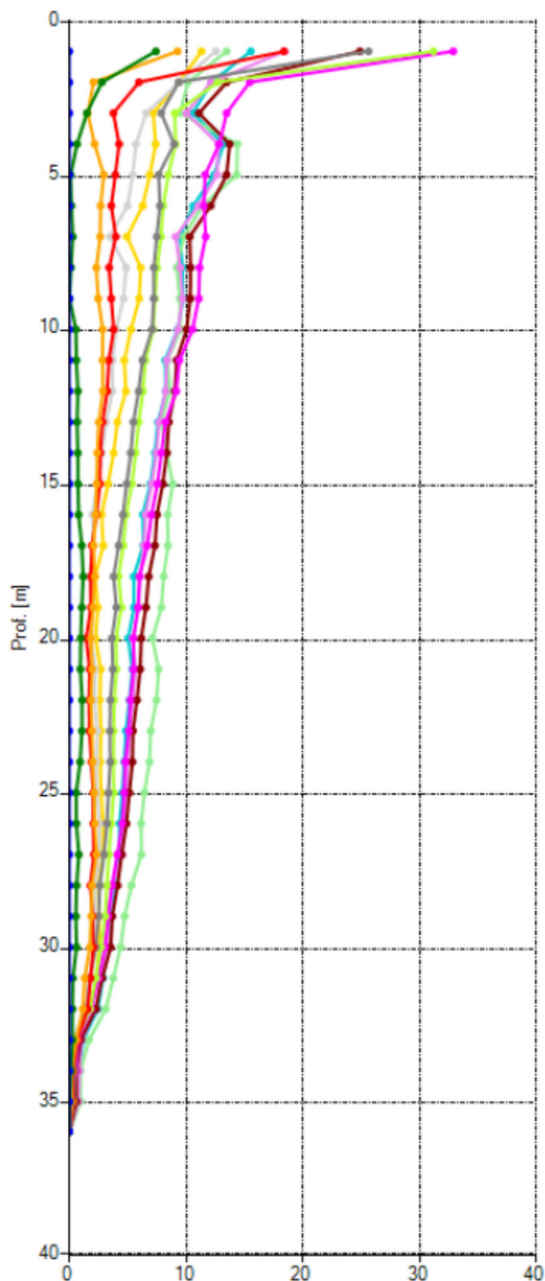
Azimuth [°]



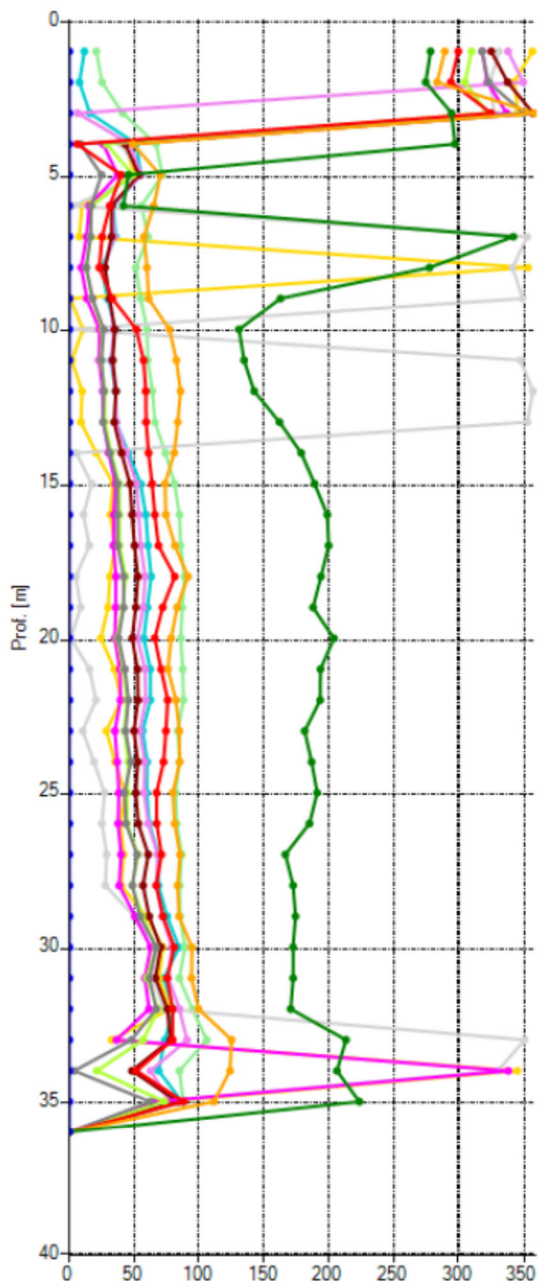
15/10/2019 17:02:42	06/12/2019 11:31:21	29/01/2020 14:52:16	19/02/2020 16:19:17	18/03/2020 09:48:03
22/04/2020 11:22:11	18/05/2020 12:33:37	27/05/2020 12:18:13	16/06/2020 15:55:57	20/07/2020 09:03:44
24/09/2020 15:09:02	21/10/2020 15:34:24	17/11/2020 14:14:00	23/02/2021 12:49:56	

Misura inclinometrica di riferimento 15/10/2019 17:02

Risultante [mm]



Azimuth [°]



28/04/2020 15:41:49	28/05/2020 09:35:10	17/06/2020 14:17:05	20/07/2020 16:13:42	24/09/2020 12:12:57
22/10/2020 15:25:49	17/11/2020 11:00:00	15/12/2020 09:21:26	20/01/2021 13:37:43	23/02/2021 15:12:54
19/03/2021 12:06:01	19/04/2021 10:38:00	12/05/2021 14:39:52		

Misura inclinometrica di riferimento 28/04/2020 15:41

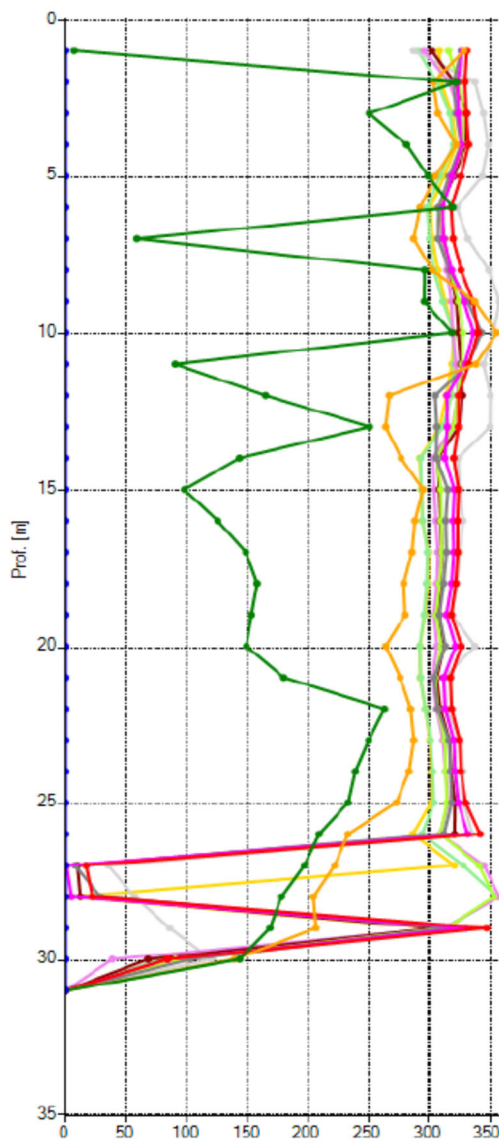
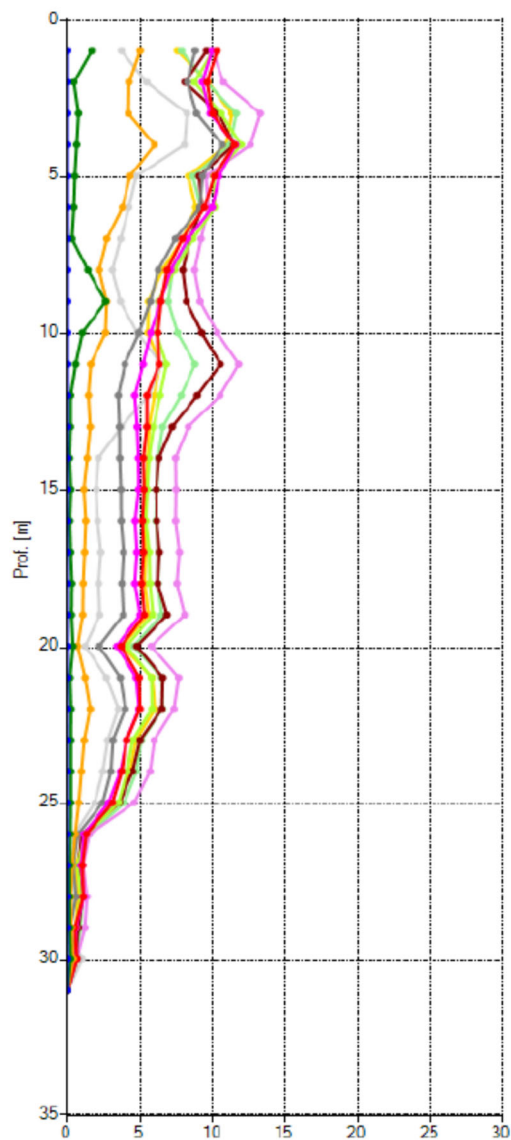
4agn1s01

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	26 di 31

Risultante [mm]

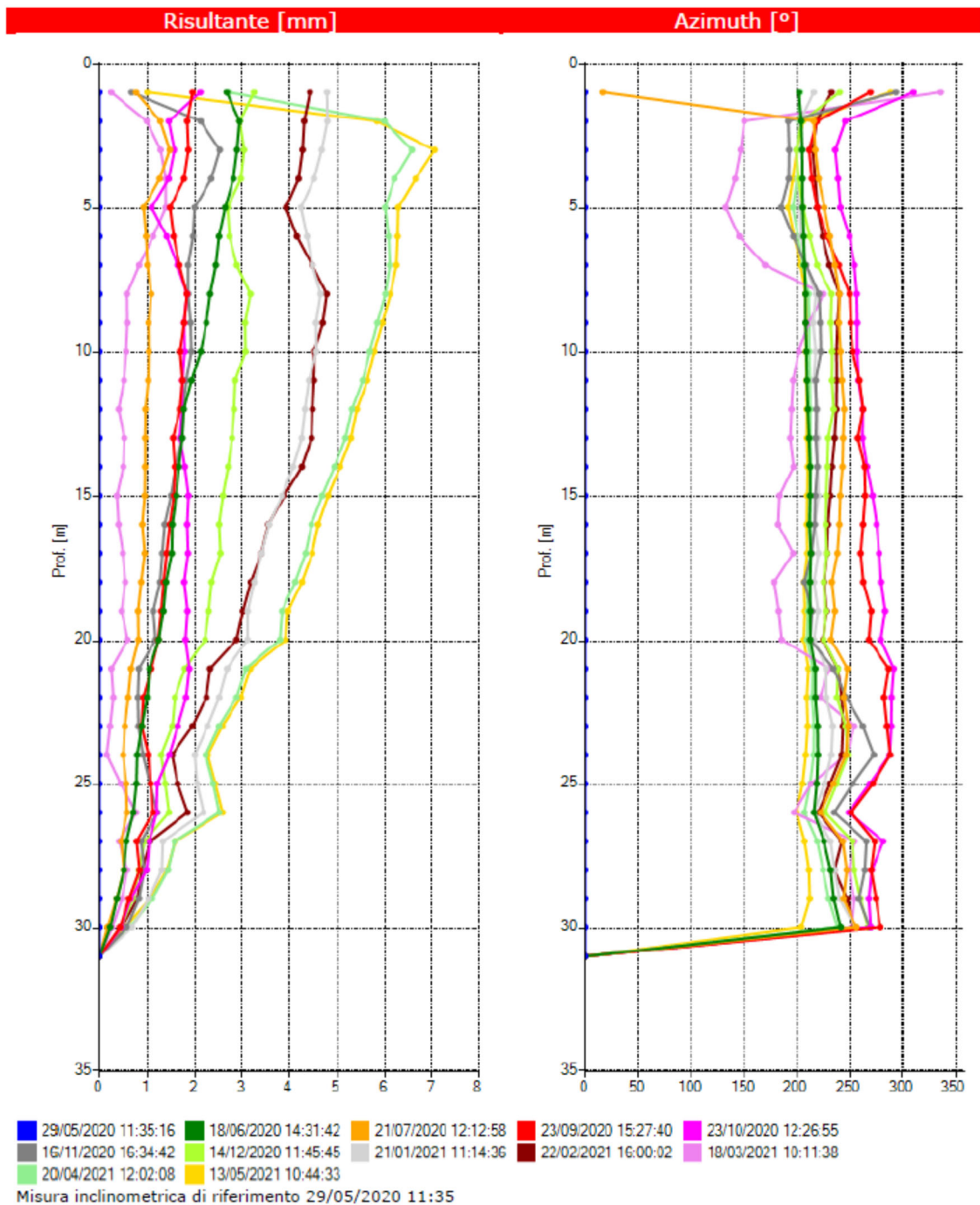
Azimuth [°]



■ 29/05/2020 12:18:23 ■ 18/06/2020 12:55:33 ■ 21/07/2020 11:06:58 ■ 23/09/2020 14:36:58 ■ 23/10/2020 11:32:42
■ 16/11/2020 17:02:41 ■ 14/12/2020 11:20:20 ■ 21/01/2021 10:46:13 ■ 22/02/2021 16:29:32 ■ 18/03/2021 10:50:29
■ 20/04/2021 12:36:39 ■ 13/05/2021 11:33:52

Misura inclinometrica di riferimento 29/05/2020 12:18

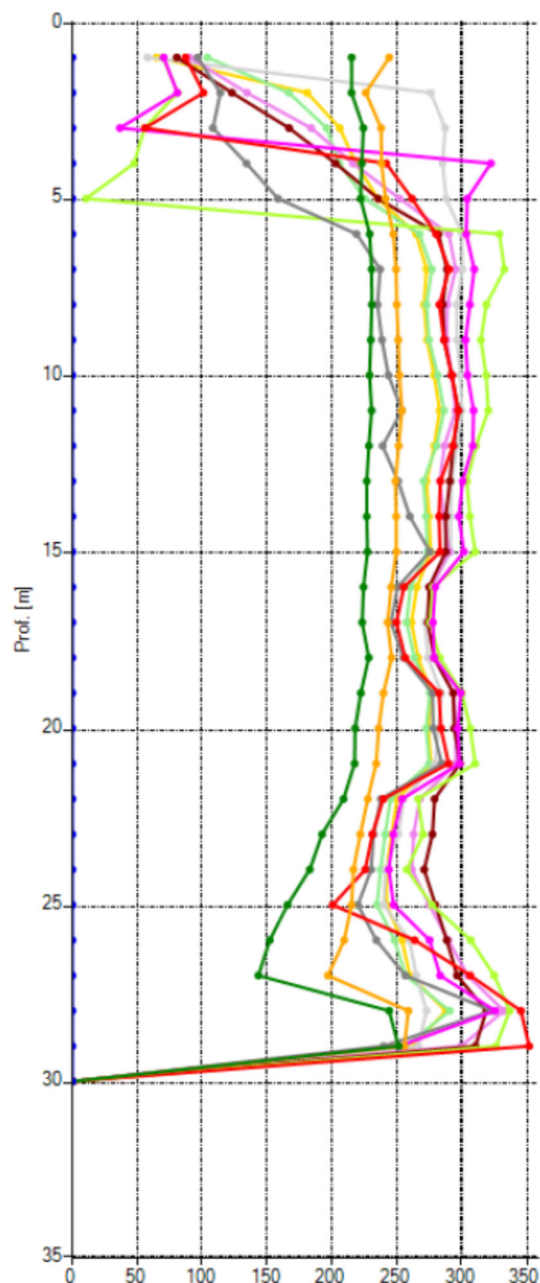
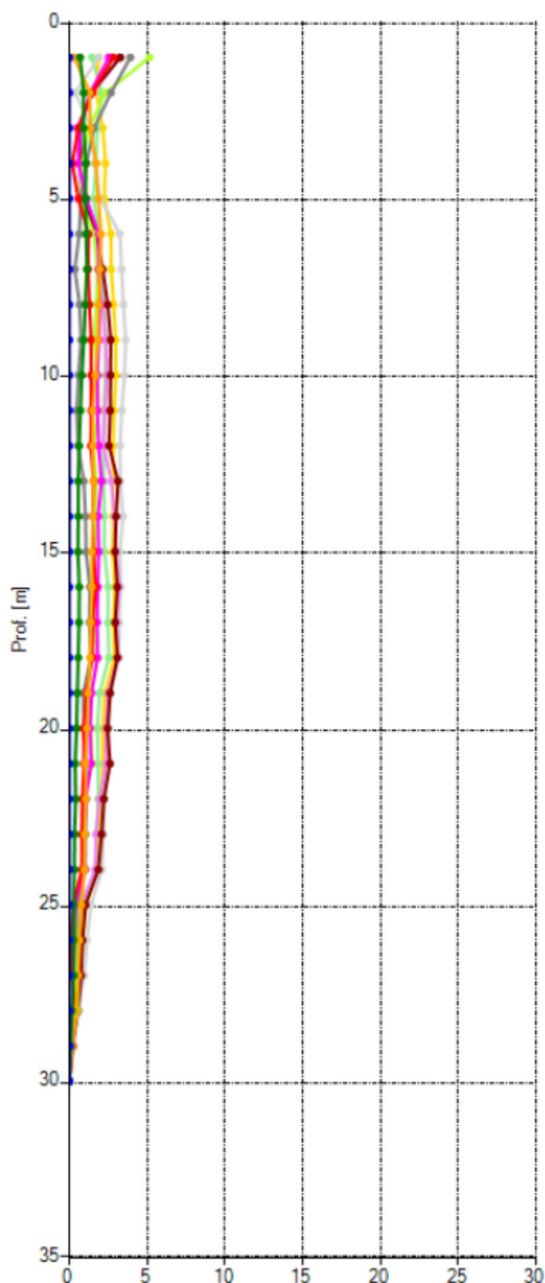
4asi06



Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	RH	GE0000 004	C	28 di 31

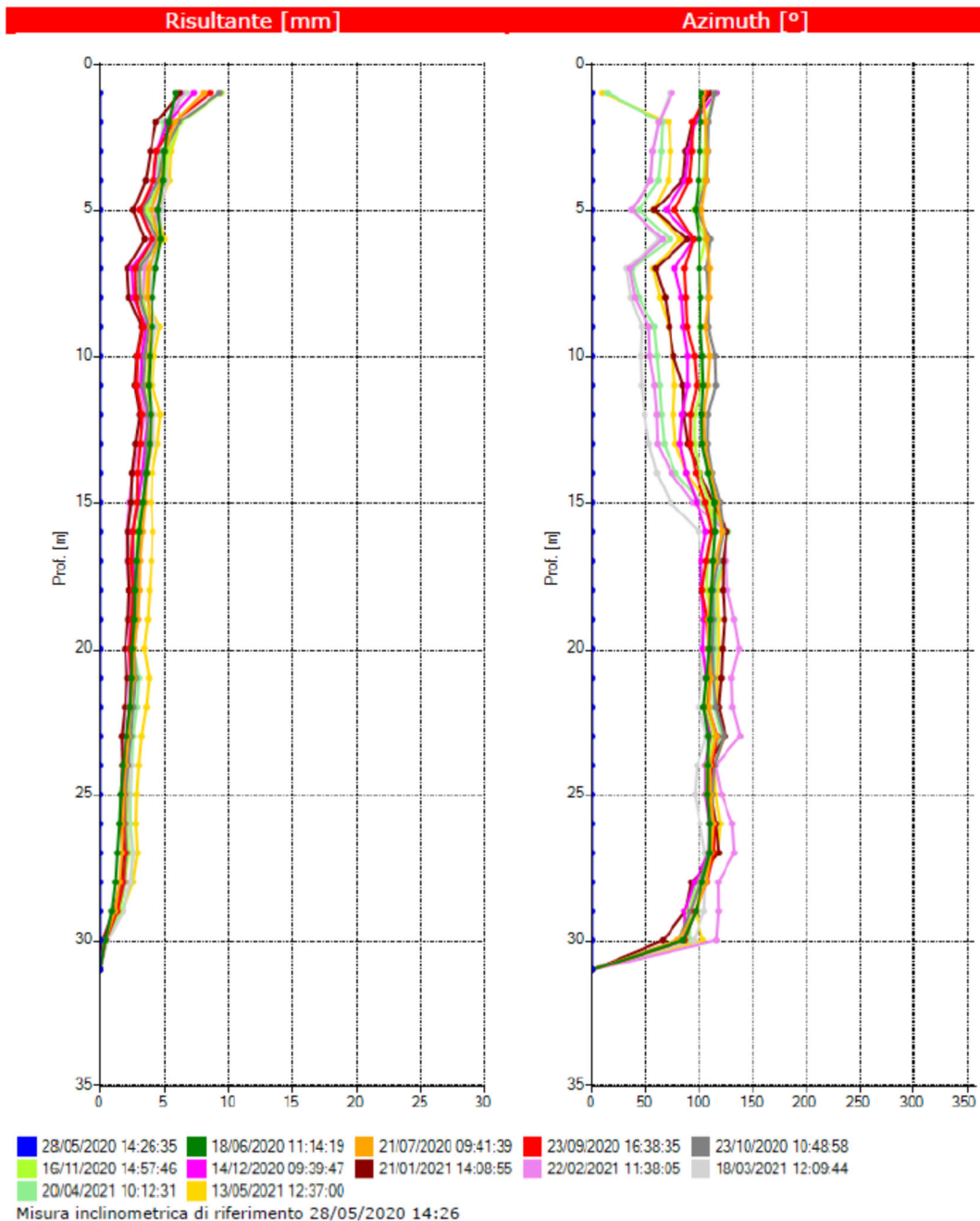
Risultante [mm] **Azimuth [°]**



29/05/2020 11:00:56	18/06/2020 14:08:05	21/07/2020 11:46:19	23/09/2020 15:07:23	23/10/2020 12:05:06
16/11/2020 16:15:53	14/12/2020 12:06:40	21/01/2021 11:36:43	22/02/2021 15:08:12	18/03/2021 10:11:20
20/04/2021 11:40:04	13/05/2021 10:11:42			

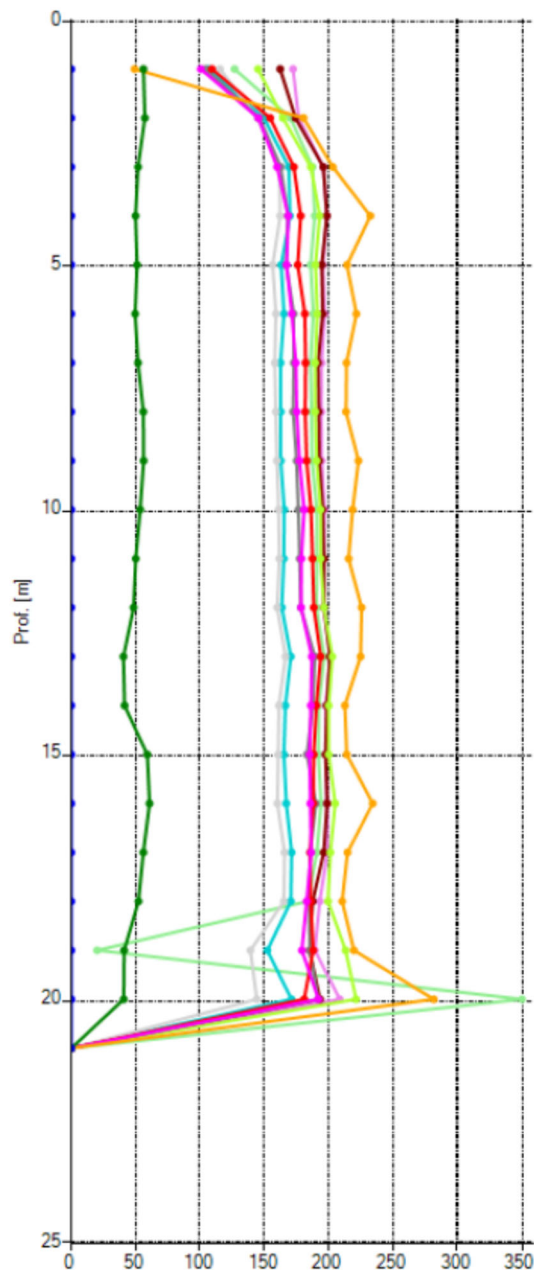
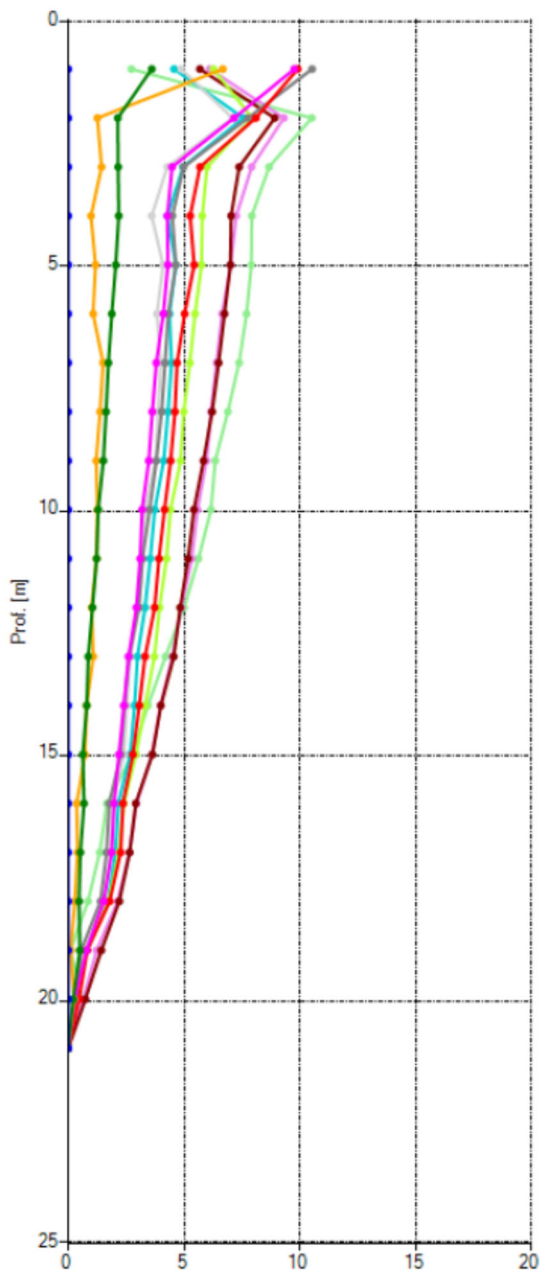
Misura inclinometrica di riferimento 29/05/2020 11:00

4asi08



4av15

Risultante [mm] **Azimuth [°]**



- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ■ 28/05/2020 14:49:07 | ■ 18/06/2020 11:29:35 | ■ 21/07/2020 09:20:16 | ■ 23/09/2020 16:06:57 | ■ 23/10/2020 10:18:57 |
| ■ 16/11/2020 14:29:01 | ■ 14/12/2020 09:58:53 | ■ 21/01/2021 14:40:41 | ■ 22/02/2021 11:06:19 | ■ 18/03/2021 11:53:39 |
| ■ 20/04/2021 16:24:00 | ■ 13/05/2021 12:56:19 | | | |
- Misura inclinometrica di riferimento 28/05/2020 14:49

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 4a

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