

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.p.A.  
DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURA TERRITORIALE (DOIT)

PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA

**ETS S.r.l.**

Via Benedetto Croce, 68  
00142 Roma  
email: info@etsingegneria.it

SOGGETTO TECNICO:

RFI - DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURA TERRITORIALE DI GENOVA  
S.O. INGEGNERIA

## PROGETTO ESECUTIVO

Aggiornamento della Progettazione Esecutiva della galleria artificiale di Mele  
(compreso il relativo tracciato ferroviario, dal PL fino all'imbocco della galleria del Turchino),  
comprensiva degli interventi propedeutici alla realizzazione della galleria artificiale - Linea Genova - Ovada - Acqui Terme

### SINTESI DEI MONITORAGGI PREGRESSI

SCALA : --

FOGLIO 1 di 15

PROGETTO/ANNO    SOTTOPR.    LIVELLO    NOME DOC.    PROGR.OP.    FASE FUNZ.    NUMERAZ.

3 5 3 7 2 3    0 0 0    P E    T S P N    0 1    0 0    0 6 0 6

Rev.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
0	EMISSIONE	E.Paltrinieri	29/09/2023	R.Giordano	29/09/2023	L.Catalo	29/09/2023		
1	EMISSIONE	R.Giordano	29/01/2024	R.Giordano	29/01/2024	L.Catalo	29/01/2024		
		<i>Riccardo Giordano</i>				<i>L. Catalo</i>			



LINEA

L	4	4	1

SEDE TECNICA

L	O	0	2	8	2



INDICE

1	Premessa.....	1
2	Sistema di monitoraggio geotecnico .....	2
2.1	Risultanze monitoraggio .....	3
3	Sistema di monitoraggio struttura di contenimento .....	10



Sintesi dei monitoraggi pregressi  
Linea ferroviaria Genova – Ovada – Acqui Terme  
Progettazione della Galleria artificiale (compreso il relativo  
tracciato ferroviario) ed opere propedeutiche

---

## 1 Premessa

Il presente elaborato rientra nell'ambito della Progettazione Esecutiva con oggetto *“Aggiornamento della Progettazione esecutiva della galleria artificiale di Mele (compreso il relativo tracciato ferroviario, dal PL fino all'imbocco della galleria del Turchino), comprensiva degli interventi propedeutici alla realizzazione della galleria artificiale - Linea Genova – Ovada – Acqui Terme”* con Contratto Applicativo N. 5028000758-23-10-180 e Accordo Quadro n. 1388/2022 - FIRENZE - Lotto n. 5.

A seguito delle manifestazioni eclatanti del dissesto, osservate nel Dicembre 2000, fu condotta da RFI una prima campagna geognostica, articolata su due fasi consecutive, nell'ambito della quale fu tra l'altro implementato un articolato sistema per il monitoraggio geotecnico del fenomeno franoso.

In particolare, fu implementato un sistema di monitoraggio superficiale e di profondità per valutare l'evoluzione dei processi deformativi a carico del versante a monte del tracciato ferroviario, durante le fasi eclatanti del dissesto.

Il sistema fu concepito con duplice finalità:

- Controllo del processo evolutivo del versante e delle condizioni di pericolo indotte al sottostante tracciato ferroviario;
- Definizione della geometria e dei caratteri del dissesto in atto.

L'installazione del sistema avvenne per fasi successive, in ragione delle difficoltà logistiche connesse al reperimento della strumentazione in condizioni di urgenza, consentendo di mantenere il massimo grado di controllo possibile a carico del versante. Vista l'entità e la velocità del fenomeno durante le fasi evolutive eclatanti, il sistema di monitoraggio venne considerato come primo significativo *“intervento di sistemazione”*, la cui utilità fu confermata dalla capacità di prevedere con sufficiente grado di sicurezza il collasso del versante, consentendo l'interruzione della circolazione ferroviaria.

Successivamente al collasso del versante il sistema di monitoraggio fu integrato allo scopo di indagare il settore a monte del dissesto, ed alcune porzioni del corpo di frana prima non accessibili.

Le risultanze del monitoraggio, sinteticamente descritte nel seguito unitamente ad una breve descrizione del sistema all'epoca implementato, consentirono la definizione delle caratteristiche del dissesto con individuazione della superficie di scorrimento lungo la quale questo si sviluppò, indispensabili per la definizione dei primi interventi di stabilizzazione.

Per la porzione basale questi consistettero nella realizzazione di una complessa opera di contenimento costituita da pali trivellati in c.a. ( $\varnothing$  1200), per taluni settori micropali, colonne di terreno consolidato mediante jet grouting e tiranti di ancoraggio del tipo attivo a trefoli in acciaio armonico.

In tale occasione, allo scopo di indagare da una parte il comportamento delle strutture di contenimento e dall'altro l'effetto stabilizzante delle medesime nei confronti del fenomeno, fu implementato un sistema di monitoraggio delle strutture attraverso installazione di colonne inclinometriche inglobate all'interno dei pali e celle di carico in corrispondenza degli elementi di testata dei tiranti.

Nel seguito si fornisce una sintetica descrizione del sistema implementato e dei risultati dallo stesso ottenuti, rimandando all'elaborato *“E207 -Planimetria ubicazione indagini geognostiche”* ove è riportata l'ubicazione di massima dei sondaggi geognostici coincidenti, anche in termini di denominazione, alle verticali di monitoraggio (inclinometri – piezometri).

## 2 Sistema di monitoraggio geotecnico

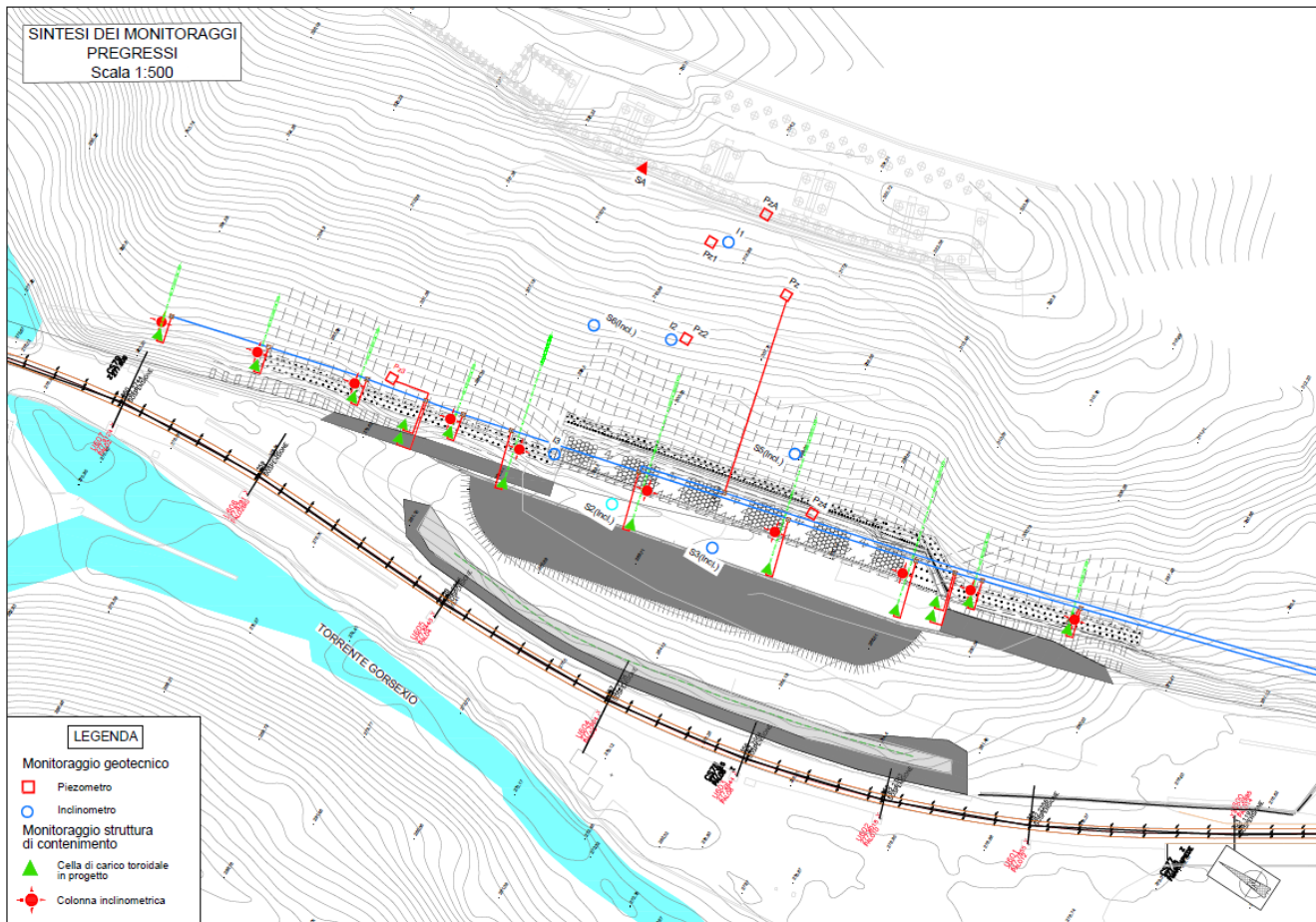
Nella prima fase della campagna di indagini, tra il Novembre 2000 ed il Gennaio 2001, è stata prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- n° 7 fessurimetri a lettura manuale sulla vecchia struttura di contenimento di sottoscarpa ANAS. La struttura risultava collocata nella parte mediana del corpo di frana ed interagente con lo stesso; il controllo delle principali ed evidenti fratture del manufatto ha consentito una prima valutazione diretta del grado di attività del dissesto.
- n° 17 caposaldi topografici, sul muro ANAS, lungo il pendio e sul muro RFI, da leggersi da una base di lettura fissa posizionata sul versante opposto. Il sistema topografico è risultato il più affidabile e rapido per misurare gli spostamenti superficiali assoluti del versante, e, dopo un periodo di definizione dell'errore insito nel sistema, ha consentito di valutare il diverso grado di deformazione dei diversi settori di pendio.
- n° 4 fessurimetri elettrici sulla struttura di contenimento di sottoscarpa ANAS, con acquisizione automatica dei dati mediante centralina collegata "on line" alla sede RFI di Genova. Il sistema ha consentito di sostituire le letture manuali sulle basi di misura; l'analisi dei dati osservati e le correlazioni con le misure sul versante hanno permesso di individuare valori soglia adottati per la rapida valutazione della possibilità di circolazione del traffico ferroviario. Ai fessurimetri si è accompagnata l'installazione di un termometro per la stima degli errori indotti sulle letture dalle escursioni termiche.
- n° 3 inclinometri lungo la sezione più gravosa individuata lungo il versante, per la valutazione delle deformazioni profonde e l'individuazione della superficie di scorrimento del dissesto.
- n° 4 piezometri a tubo aperto, prevalentemente in affiancamento agli inclinometri, per la valutazione delle escursioni della falda in funzione delle precipitazioni e la correlazione con le possibili deformazioni del versante.

Le letture sistematiche sulla strumentazione installata hanno consentito di prevedere con sufficiente grado di sicurezza il collasso del versante, permettendo la chiusura preventiva della percorrenza ferroviaria.

Successivamente al crollo della struttura è stata prevista da una seconda fase della campagna di indagini geognostiche, con installazione di strumentazione di monitoraggio, integrata tra ANAS ed RFI, con lo scopo di indagare il settore a monte del dissesto (ANAS), alcune porzioni del corpo di frana non accessibili in precedenza ed il settore lungo l'asse ed a valle della struttura di sostegno crollata (RFI); tale campagna è stata completata alla fine del Luglio 2001. La campagna a carico di RFI è consistita nell'installazione di:

- n° 4 inclinometri in corrispondenza della porzione medio basale del settore di versante in esame, per la valutazione delle deformazioni profonde e l'individuazione della superficie di scorrimento del dissesto.



Va inoltre segnalata la presenza di un pluviometro dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Genova, collocato in corrispondenza della Stazione Ferroviaria di Mele, le cui letture sono state utilizzate per correlare le deformazione del versante all'entità delle precipitazioni manifestate.

A tali strumentazioni si aggiunge un sistema di monitoraggio geotecnico della falda e delle deformazioni profonde, relativo alla porzione superiore del versante, compresa tra la "Strada del Turchino" e l'Autostrada, messo in opera dalla all'ora "Comunità Montana Argentea", del quale non sono state rese note le caratteristiche di dettaglio.

## 2.1 Risultanze monitoraggio

Come esposto sopra, la strumentazione di monitoraggio progressa, di prima e seconda fase è stata installata e gestita in seguito alle evidenze della prima significativa riattivazione del dissesto (Novembre 2000).

L'analisi dei dati rilevati ha permesso di sintetizzare quanto segue:

- È evidente un sostanziale accordo dei risultati evidenziati dalle differenti strumentazioni installate;
- L'analisi dell'andamento di precipitazioni e misure di spostamento del corpo frana nel periodo di monitoraggio del movimento ha consentito di definire una diretta correlazione tra tali grandezze, permettendo di ricondurre l'innesco del fenomeno all'evento meteorico dell'inizio del mese di Novembre;
- Sono state individuate tre fasi di significativa accelerazione del dissesto, in occasione dei periodi di precipitazione del 7-8 dicembre 2000 (fase a), del 3-6 gennaio 2001 (fase b) e del 22 – 24 gennaio 2001 (fase c), con conseguente crollo della struttura;

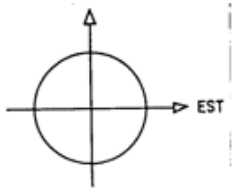
- Il confronto tra i dati quantitativi di precipitazione derivati dal pluviometro presente entro la stazione RFI di Mele e l'andamento temporale degli spostamenti indica che i periodi di accelerazione del dissesto si sono protratti per alcuni giorni oltre la fine dell'evento meteorico;
- La progressiva accelerazione degli spostamenti ha indotto significative deformazioni a carico della muratura di controripa RFI, in special modo a partire dall'evento del 3 – 6 gennaio 2001, sino al crollo manifestatosi il 26 gennaio 2001.

In questa fase è opportuno ricordare come le misure eseguite sugli inclinometri durante le fasi di evoluzione del dissesto abbiano consentito una precisa individuazione della superficie di scivolamento entro il versante, collocata a circa 13,5 m - 14,5 m dal pregresso p.c.. Gli spostamenti giornalieri rilevati sono stati inizialmente inferiori al centimetro, e successivamente incrementati a circa 2 – 3 cm, sino al tranciamento dei tubi inclinometrici avvenuto il giorno 6 gennaio 2001, con valori di deformazione relativa in corrispondenza della superficie di scorrimento superiori ai 12 cm. Diverso comportamento ha subito l'inclinometro I3, posto immediatamente a ridosso della muratura e soggetto ad una progressiva flessione del settore di colonna oltre il substrato alterato, in accordo con il comportamento del paramento del muro, sino al collasso dello stesso.

I rilevamenti manuali eseguiti sui piezometri hanno invece mostrato modeste escursioni del livello della falda, mediamente contenute entro il metro, correlabili comunque ai periodi di precipitazione atmosferica.



Colonna inclinometrica I1 – Risultante di spostamento

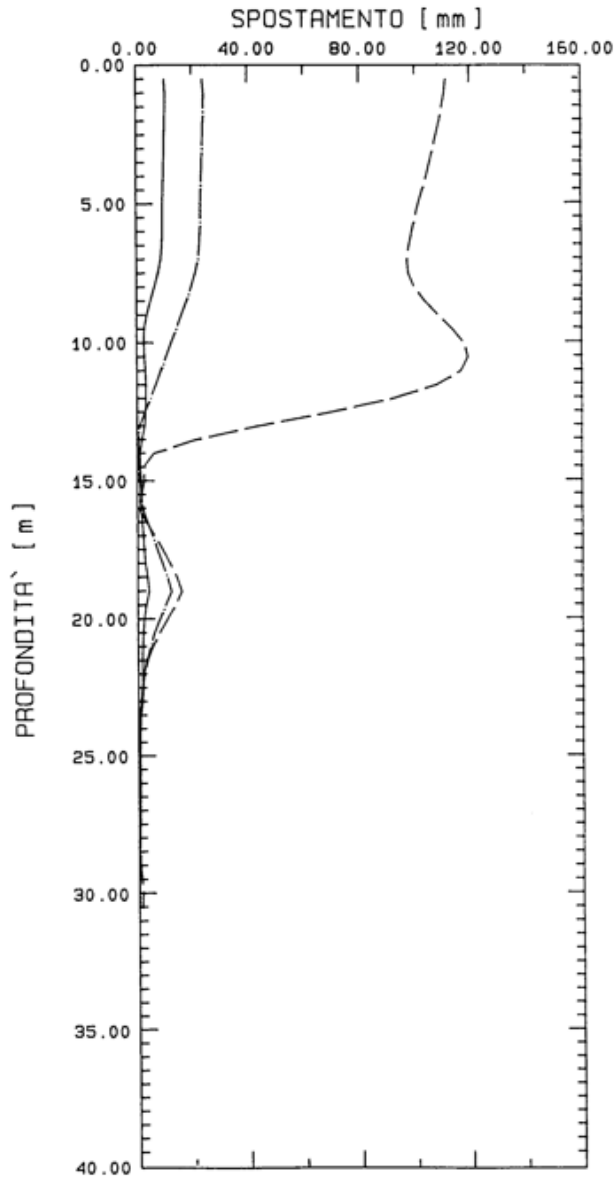


ELABORAZIONE INCLINOMETRI

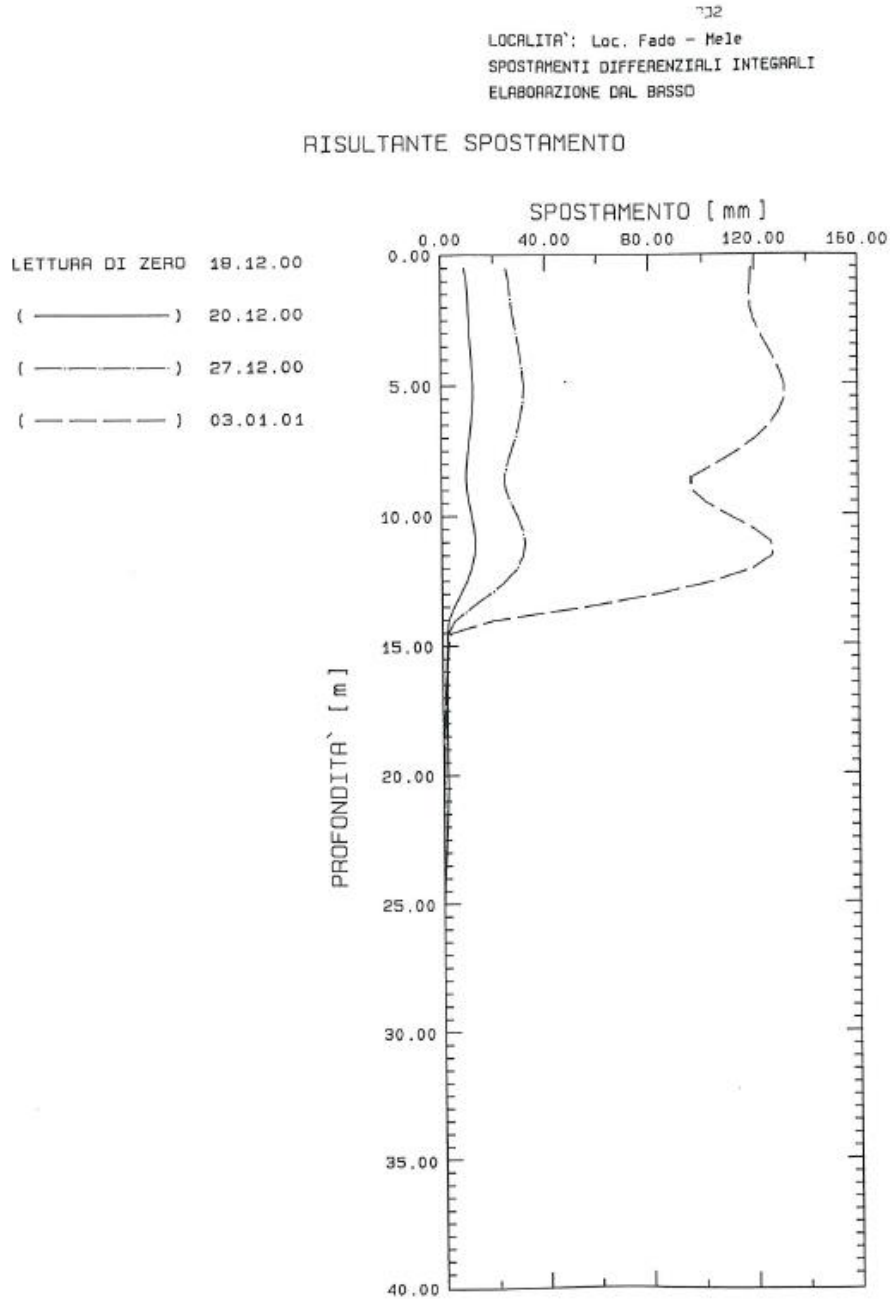
TUBO INCLINOMETRICO: FAD1  
 LOCALITA': Loc. Fado - Mele  
 SPOSTAMENTI DIFFERENZIALI INTEGRALI  
 ELABORAZIONE DAL BASSO

RISULTANTE SPOSTAMENTO

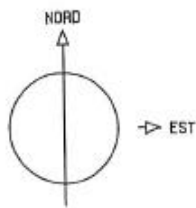
LETTURA DI ZERO	18.12.00
( ————— )	20.12.00
( - - - - - )	27.12.00
( - - - - - )	03.01.01



Colonna inclinometrica I2 – Risultante di spostamento



Colonna inclinometrica I2 – Diagramma polare

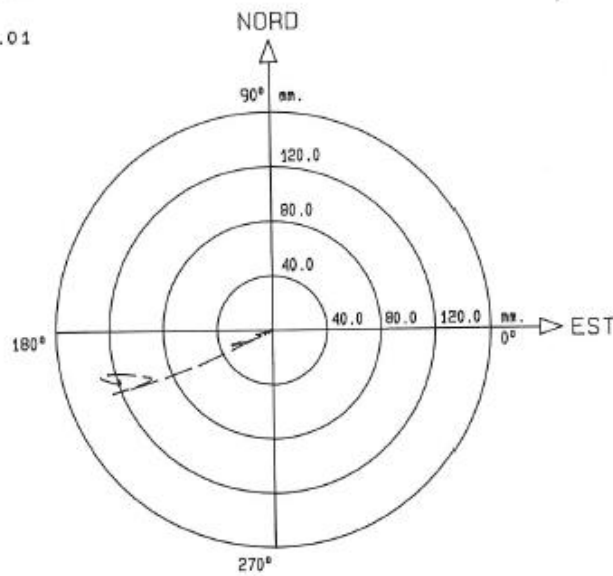


ELABORAZIONE INCLINOMETRI

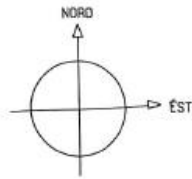
TUBO INCLINOMETRICO: FAD2  
 LOCALITA': Loc. Fado - Mele  
 SPOSTAMENTI DIFFERENZIALI INTEGRALI  
 ELABORAZIONE DAL BASSO

DIAGRAMMA POLARE DELLA DEVIAZIONE

LETTURA DI ZERO 18.12.00  
 ( ————— ) 20.12.00  
 ( - - - - - ) 27.12.00  
 ( - - - - - ) 03.01.01



Colonna inclinometrica I3 – Risultante di spostamento

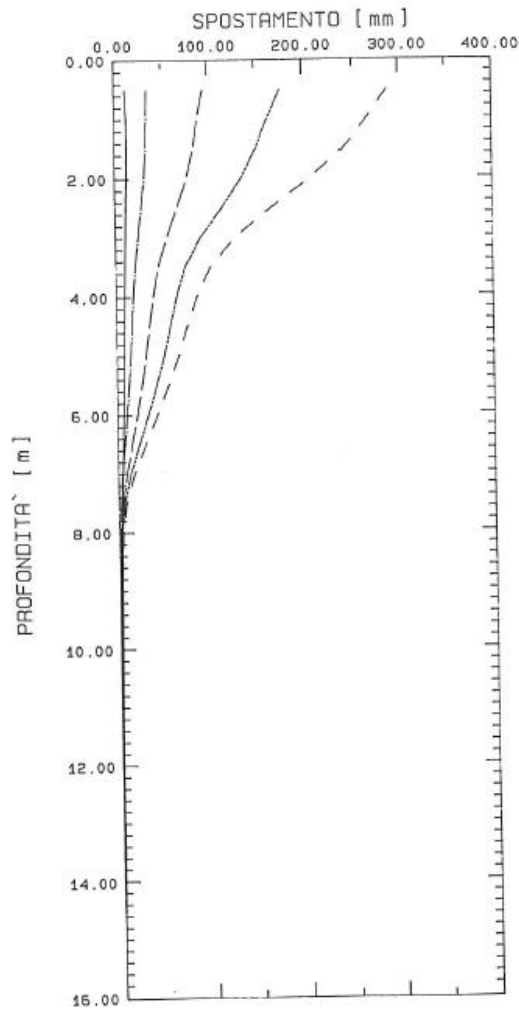


ELABORAZIONE INCLINOMETRI

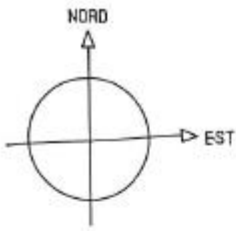
TUBO INCLINOMETRICO: Fad3  
 LOCALITA': Loc. Fado - Mele  
 SPOSTAMENTI DIFFERENZIALI INTEGRALI  
 ELABORAZIONE DAL BASSO

RISULTANTE SPOSTAMENTO

LETTURA DI ZERO	18.12.00
( ————— )	03.01.01
( ————— )	05.01.01
( - - - - - )	09.01.01
( ————— )	13.01.01
( - - - - - )	19.01.01



Colonna inclinometrica I3 – Diagramma polare

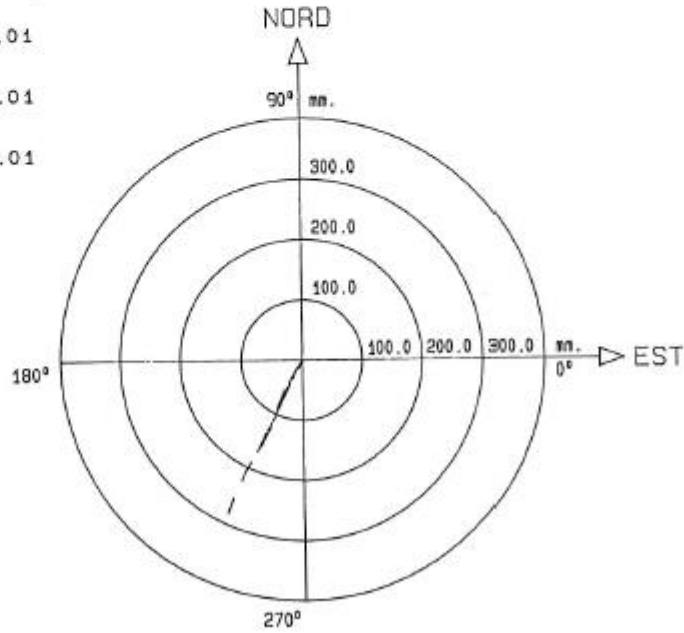


ELABORAZIONE INCLINOMETRI

TUBO INCLINOMETRICO: fad3  
 LOCALITA': Loc. Fado - Mele  
 SPOSTAMENTI DIFFERENZIALI INTEGRALI  
 ELABORAZIONE DAL BASSO

DIAGRAMMA POLARE DELLA DEVIAZIONE

- LETTURA DI ZERO 18.12.00
- ( ————— ) 03.01.01
  - ( - - - - - ) 06.01.01
  - ( - - - - - ) 09.01.01
  - ( - - - - - ) 13.01.01
  - ( - - - - - ) 19.01.01



### 3 Sistema di monitoraggio struttura di contenimento

Contestualmente alla realizzazione degli interventi di sistemazione di prima fase, è stata prevista l'installazione di strumentazione di monitoraggio, finalizzata alla valutazione del comportamento nel tempo delle strutture realizzate.

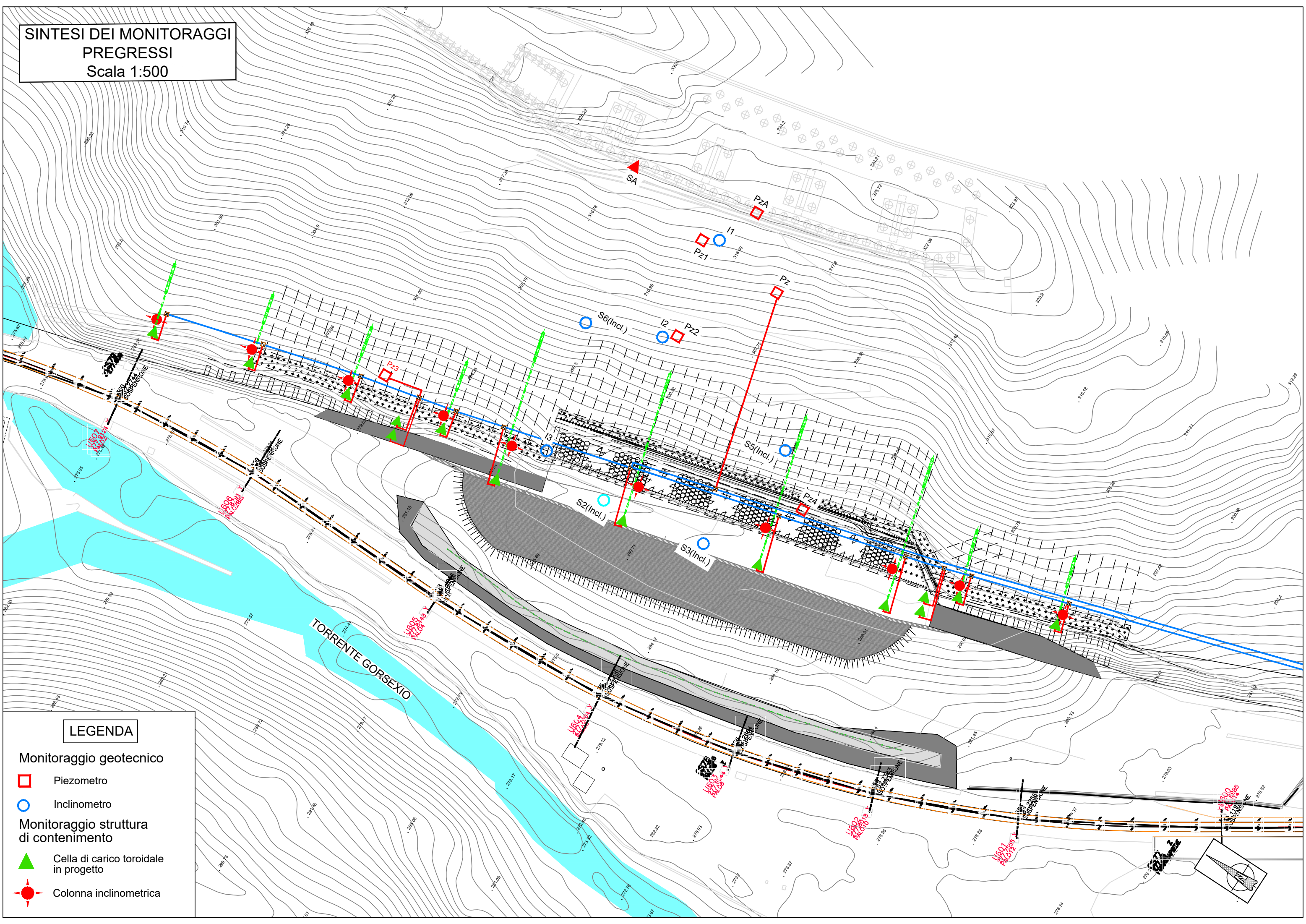
Nel dettaglio, è stata prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- n° 10 inclinometri, in corrispondenza di micropali o pali di grande diametro costituenti rispettivamente le strutture di consolidamento laterali, sulle murature conservate, e la struttura centrale, in corrispondenza del settore crollato.
- n° 10 celle di carico toroidali, sui tiranti di ancoraggio delle strutture di consolidamento laterali, in corrispondenza delle murature conservate, e sulla struttura centrale, in corrispondenza della porzione di muratura crollata.

Sebbene l'installazione della suddetta strumentazione avvenne contestualmente alla realizzazione degli interventi non è stato ad oggi possibile reperire alcuna informazione circa il funzionamento e le risultanze della medesima; al riguardo si evidenzia l'opportunità, previa verifica della fruibilità/funzionalità della strumentazione installata, ed in particolar modo delle colonne inclinometriche, di una riqualificazione del sistema che potrebbe potenzialmente fornire importanti indicazioni circa il comportamento della struttura durante le successive fasi di realizzazione degli interventi di stabilizzazione definitiva del versante ed in esercizio.



**SINTESI DEI MONITORAGGI  
PREGRESSI**  
Scala 1:500



**LEGENDA**

- Monitoraggio geotecnico**
- Piezometro
  - Inclinometro
- Monitoraggio struttura di contenimento**
- Cella di carico toroidale in progetto
  - Colonna inclinometrica