

www.geologimarche.it



IL MONITORAGGIO
COME STRUMENTO DI PREVENZIONE E
MITIGAZIONE DEL RISCHIO



Jesi, 10 giugno 2016

Hotel Federico II - Via Ancona n.100 (www.hotelfederico2.it)

La progettazione di Piani di Monitoraggio per il controllo di aree instabili

Prof. Giuseppe Scarpelli



Università Politecnica delle Marche

con il coordinamento scientifico



in collaborazione con



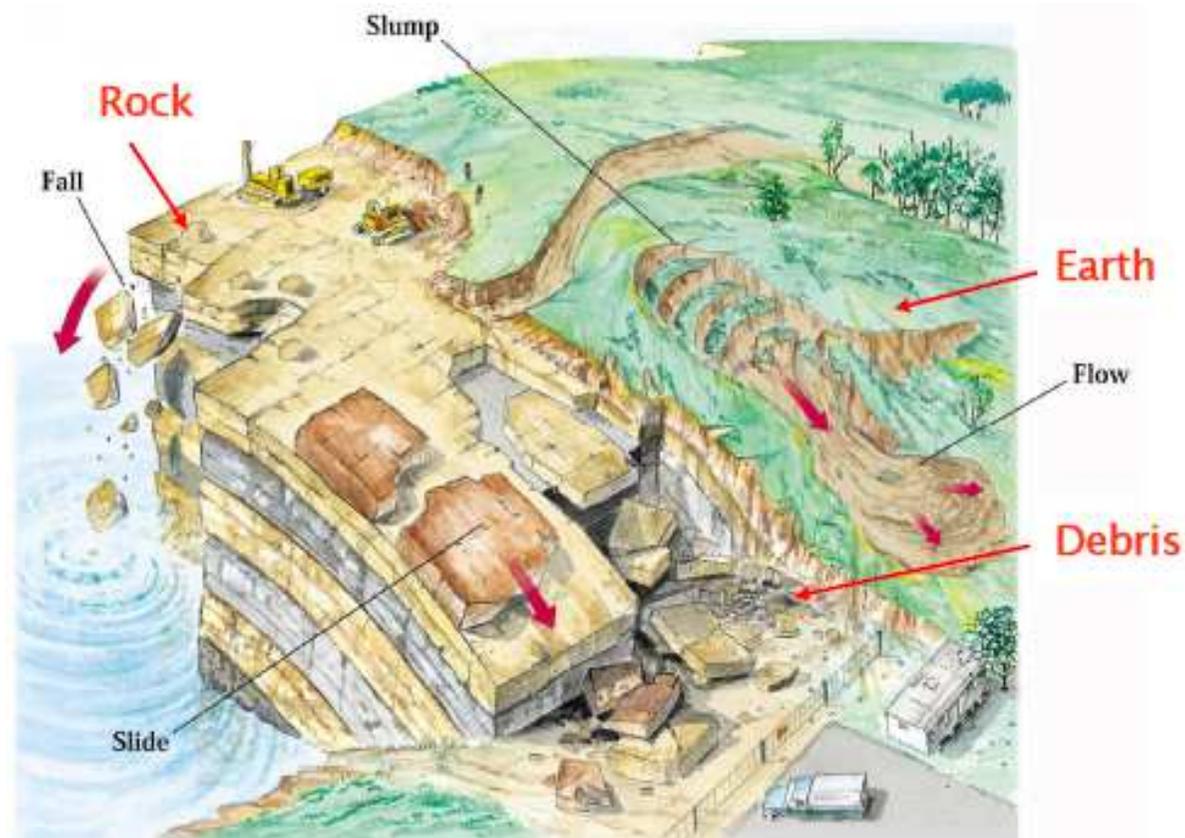
www.altascuola

www.Irpi.cnr.it

www.cngeologi.it

PREMESSA

La definizione di un piano di monitoraggio richiede di conoscere i fenomeni attesi o in atto e i parametri chiave necessari per caratterizzarli, in sostanza implica un modello



Monitorare per conoscere

Il monitoraggio è uno strumento per valutare la velocità dei fenomeni



Conoscere per monitorare

La velocità dei fenomeni condiziona la scelta del monitoraggio

Un modello può anche essere la semplice classificazione di un dissesto in funzione della velocità

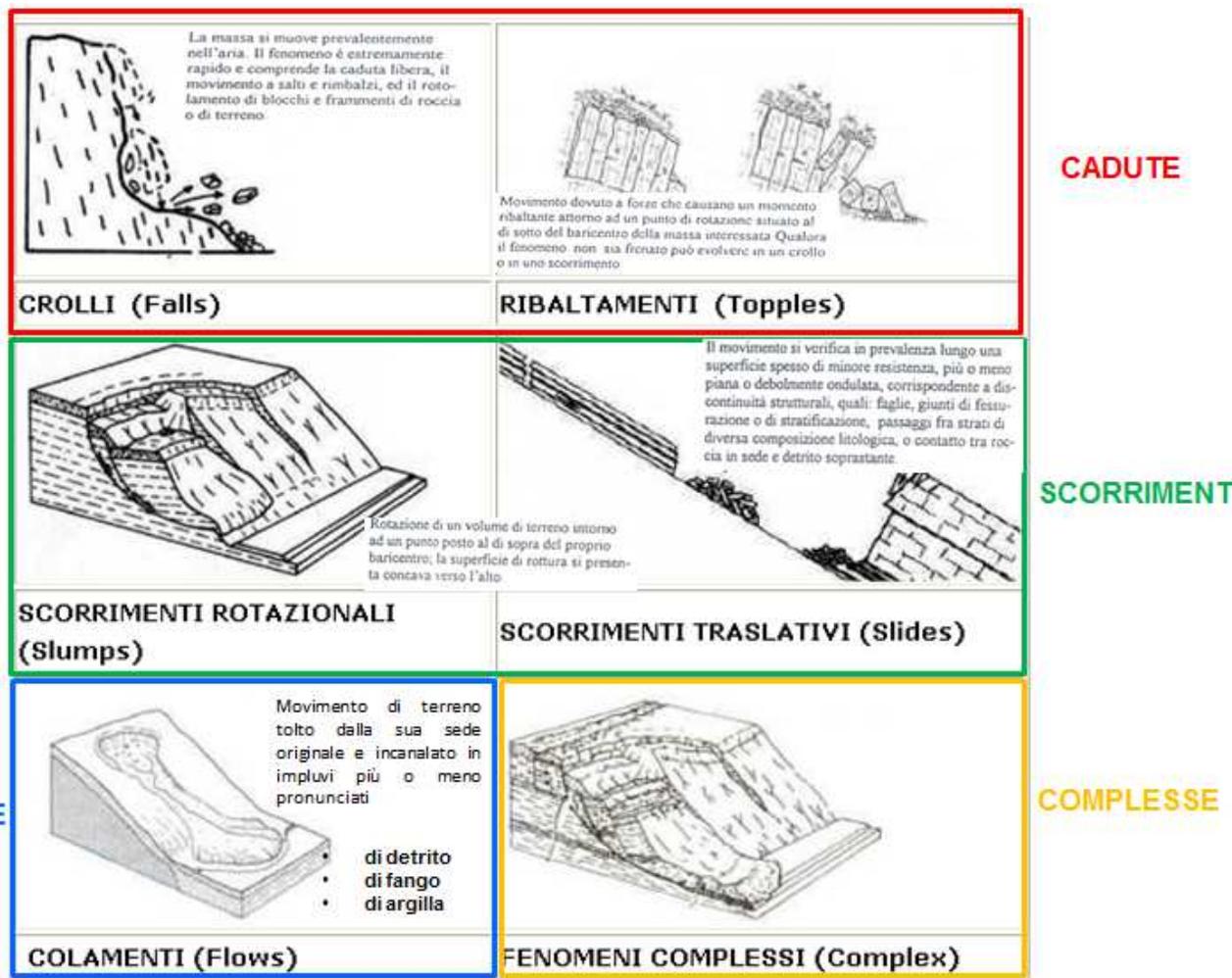
CRUDEN E VARNES

Classe	Velocità	Descrizione	Danni osservabili
7	5 m/s	ESTREM. RAPIDO	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.
6	3 m/min	MOLTO RAPIDO	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.
5	1,8m/h	RAPIDO	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti
4	13m/mese	MODERATO	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.
3	1,6m/anno	LENTO	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se il movimento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.
2	0,016m/anno	MOLTO LENTO	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.
1		ESTREM. LENTO	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.

HUNGR E MORGENSTERN

Classe	Velocità	Danni
1	10 m/s	Nessun tipo di provvedimento è possibile; catastrofe.
2	60 m/min	Velocità di spostamento tanto elevata da non consentire la fuga a tutte le persone. Perdita di vite umane.
3	1,2 m/h	La fuga delle persone è possibile; distruzione di strutture ed impianti fissi.
4	10 m/anno	Nel corpo della frana o di fronte alla frana possono mantenersi strutture temporanee o poco sensibili agli spostamenti; le altre devono essere demolite.
5	1 m/anno	Possono essere intrapresi interventi di stabilizzazione anche durante la fase di movimento.
6	0.01 m/anno	Le strutture permanenti sono conservate

CLASSIFICAZIONE DI VARNES IN BASE AL CINEMATISMO



COLATE

(immagini modificate)

Il monitoraggio è la prosecuzione naturale delle indagini

metodi:

- Studi di carattere geomorfologico
- Sistemi informativi territoriali

tecniche e le tecnologie:

- Interferometria Radar
- Monitoraggio geotecnico (inclinometri; piezometri; estensimetri; assestimetri)
- Impiego di fibre ottiche
- Applicazioni di geomatica

Finalità del monitoraggio delle aree (in)stabili

- Prevenzione
- Mitigazione
- Gestione del rischio

CONDIZIONI DI EQUILIBRIO EFFETTIVO O APPARENTE

- Situazioni di stasi effettiva
- Fenomeni quiescenti
- Situazioni interessate da movimenti piccoli, lenti e progressivi senza un meccanismo di rottura vero e proprio

Analisi dei movimenti: misura degli spostamenti superficiali e profondi.

Controllo dell'evoluzione spaziale e temporale dei movimenti in atto. Monitoraggio finalizzato alla delimitazione dell'area in movimento e al controllo di eventuali accelerazioni e interazione con i manufatti

CONDIZIONI DI ROTTURA

- Situazioni di fenomeni franosi in atto ma con evoluzione sufficientemente lenta da consentire indagini e monitoraggi

Studio del meccanismo in atto, ricerca delle cause, dimensioni e cinematica del corpo in frana, interazione con manufatti, individuazione strategie di intervento.

CONDIZIONI DI POST ROTTURA

- Situazioni di fenomeni avvenuti (il fenomeno tende ad esaurirsi ed assestarsi)

Studio del meccanismo avvenuto e individuazione delle cause, ricostruzione meccanismo di collasso, controllo delle variabili che governano il fenomeno, individuazione strategie di intervento e controllo efficacia nel tempo.

Le finalità del monitoraggio sono diverse in relazione alla fase di comportamento meccanico del pendio

RISCHIO



PERICOLOSITA'

$$R=H \cdot C$$

R=RISK (RISCHIO)

H= HAZARD (PERICOLOSITA')

probabilità che un determinato evento di frana possa verificarsi

C = CONSEQUENZE EVENTO

$$= \sum_i n_i v_i$$

v_i = vulnerabilità dei beni a rischio
[valore compreso tra 0 -1]

n_i = numero dei beni a rischio di categoria i

Beni a rischio: vite umane, edifici, infrastrutture, linee di trasporto (acquedotti, fognature, gas, oleodotti, elettrodotti) comunicazioni (linee dati) attività economiche, beni culturali ed ambientali

I **movimenti lenti** di versante sono fenomeni a **bassa pericolosità**.

Anche in questi casi il monitoraggio ha però un ruolo importante se sui versanti insistono o insisteranno (in quanto in progetto) elementi vulnerabili:

- infrastrutture a prevalente sviluppo lineare (gasdotti, acquedotti ...)
- strutture sensibili a spostamenti di modesta entità (edifici strategici, impianti industriali sensibili, edifici monumentali, opere che se danneggiate potrebbero produrre danni ambientali...)
- ...
- ...

**Bassa pericolosità in presenza di elementi vulnerabili
⇒ rischio alto**

- Monitoraggio degli spostamenti superficiali con metodi strumentali o con osservazione diretta (survey)
- In assenza di elementi che indicano la presenza di un fenomeno di rottura generale, il monitoraggio deve tendere a:
 - individuare le zone dove si manifestano i movimenti superficiali più intensi per definirne la geometria
 - escludere la presenza di movimenti profondi con misure di spostamento in profondità
 - caratterizzare il regime idraulico del pendio sia in termini di apporti idrici sia di conseguenze sulle pressioni (tensioni per il non saturo) interstiziali

Movimenti lenti di versante:

- Progettazione tracciato gasdotto
- Predisposizione sistema di monitoraggio : geologico (rilievi periodici), geotecnico (inclinometri, piezometri ...) e monitoraggio della tubazione: estensimetri, pig magnetico)
- Gestione rete gas (interventi di scarico tensionale: escavo e taglio tubazione per ridurre la tensione sul tubo)



FASE DI MONITORAGGIO CHE PRECEDE GLI INTERVENTI

Raccolta elementi necessari per la scelta e la progettazione degli interventi
(posizione, geometria, regime pressioni interstiziali)

Controllo pubblica incolumità nell'area in frana e nelle aree limitrofe

**PISCOPIO (CZ)
SS JONICA**

FASE DI MONITORAGGIO CONTEMPORANEA E SUCCESSIVA AGLI INTERVENTI

Raccolta elementi necessari per la scelta e la progettazione degli interventi (posizione, geometria regime pressioni interstiziali)

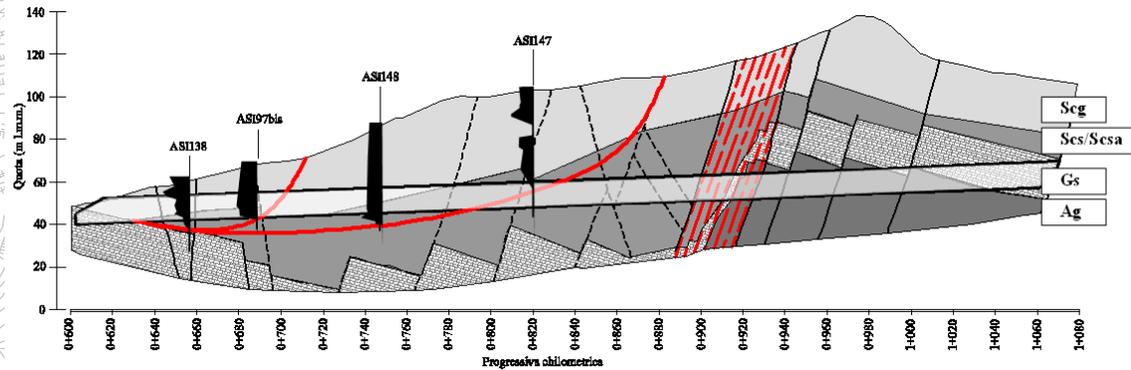
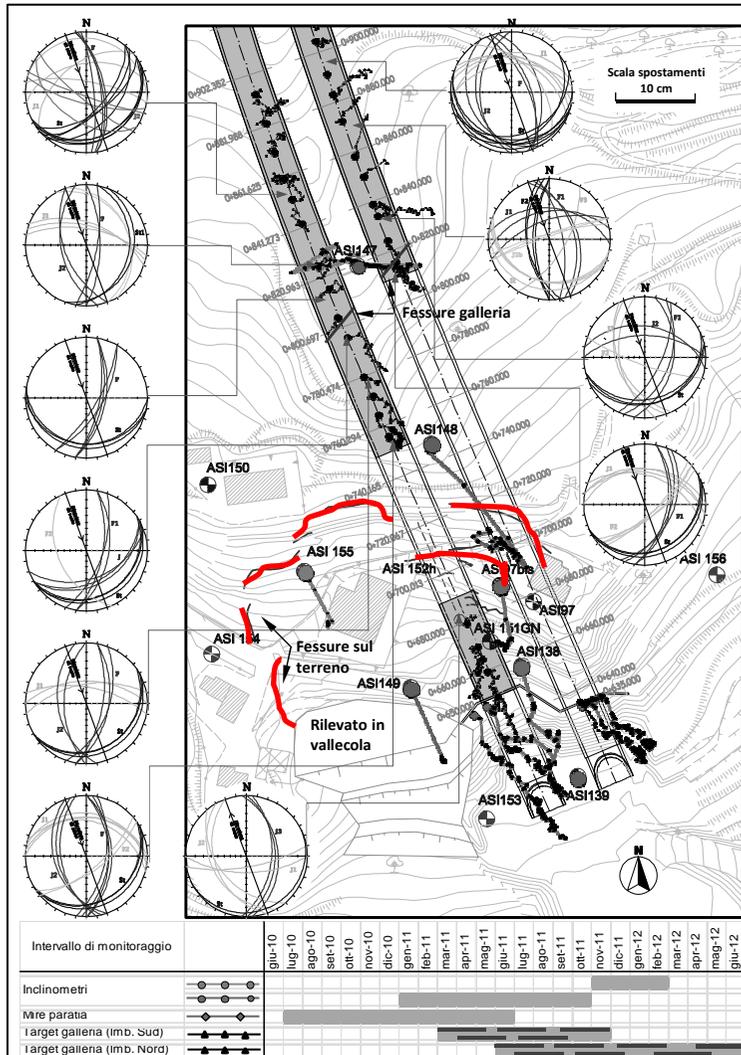
Controllo pubblica incolumità nell'area in frana e nelle aree limitrofe

Nel caso si scelga la strategia di intervenire c'è la necessità di differenziare il programma di monitoraggio pre-post intervento

PRE- INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO



MITIGAZIONE RUOLO MONITORAGGIO



F - la più diffusa e persistente famiglia di discontinuità con immersione media compresa fra 95 e 110 (°) da Nord ed inclinazione fra 70 e 55 (°)

St - giunti di strato disposti generalmente verso Sud (giacitura media 170/15). Frequentemente interrotti dalle strutture della famiglia F e deformati a tal punto da presentarsi ruotati verso Ovest

J1 J2 - sistemi di giunti con immersione antitetica alle principali discontinuità tettoniche. Tali sistemi non sembrano essere pervasivi né persistenti.

PRIME OSSERVAZIONI E RILIEVI
EVIDENZIANO UN CINEMATISMO
CIRCOSCRITTO AL PIEDE:



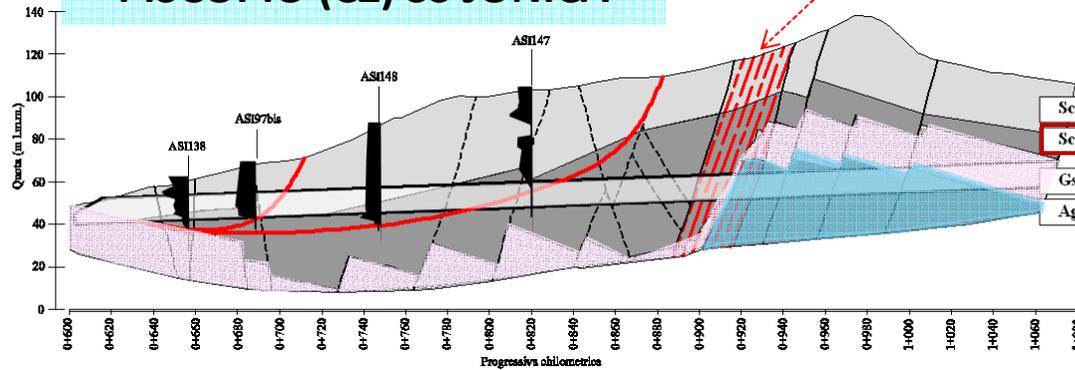
INTERVENTO: RILEVATO
DI APPESANTIMENTO AL
PIEDE IN VALLECOLA

PRE- INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO



MITIGAZIONE RUOLO MONITORAGGIO

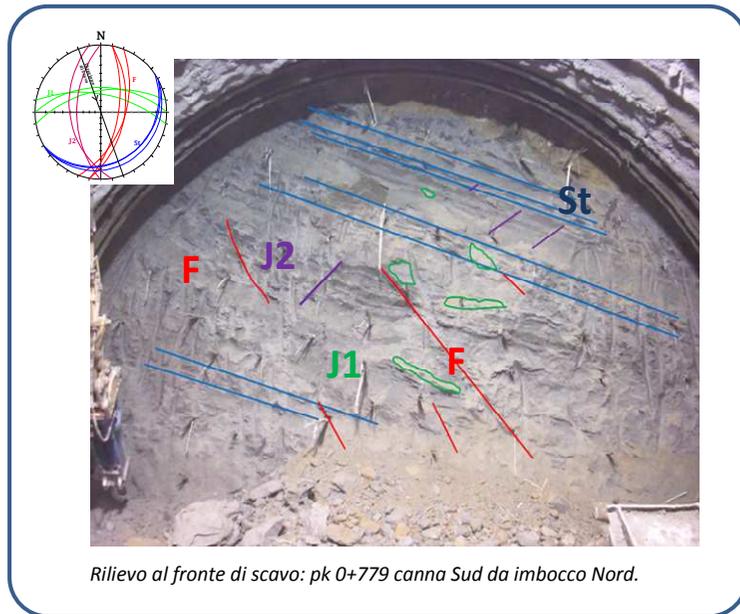
PISCOPIO (CZ) SS JONICA



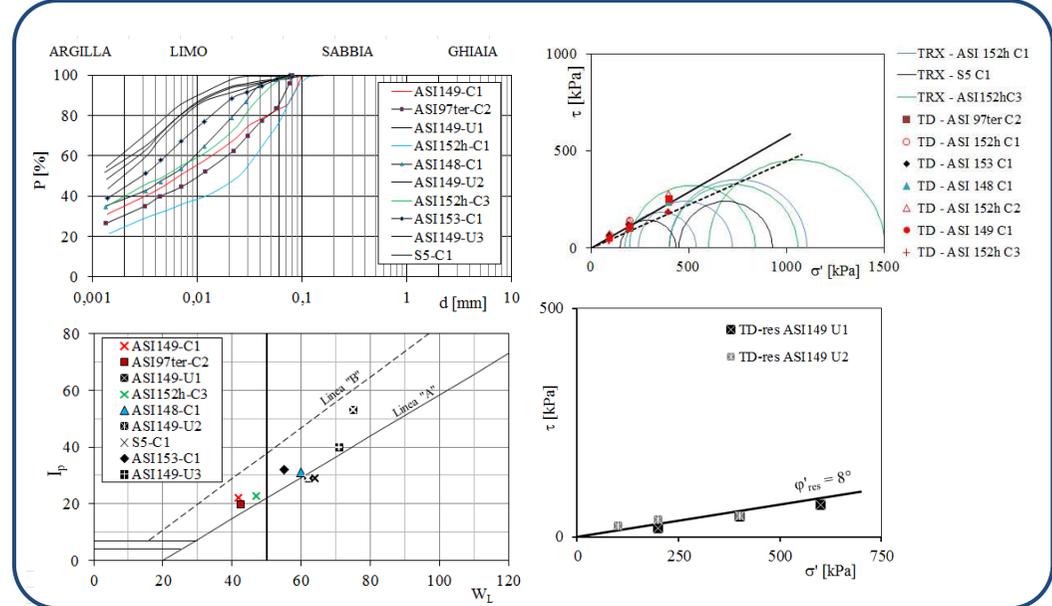
- Plio-pleistocene**
 - Depositi sabbioso ghiaiosi (Scg)
 - Depositi sabbiosi (Sc)
 - Depositi limoso sabbiosi (Scs)
 - Depositi limoso argillosi (Scsa)
- Miocene**
 - Gesso-areniti (Gs)
 - Argille marnose (Ag)



Caratterizzazione Scs -Scsa (deposito nel quale si colloca la superficie di scorrimento)



Rilievo al fronte di scavo: pk 0+779 canna Sud da imbocco Nord.



PRE- INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO



MITIGAZIONE RUOLO MONITORAGGIO

PISCOPIO (CZ) SS JONICA

APPESANTIMENTO AL PIEDE

- rilevato in vallecchia
- rinterro nella zona del becco di flauto

CONSOLIDAMENTO DALL' ALTO

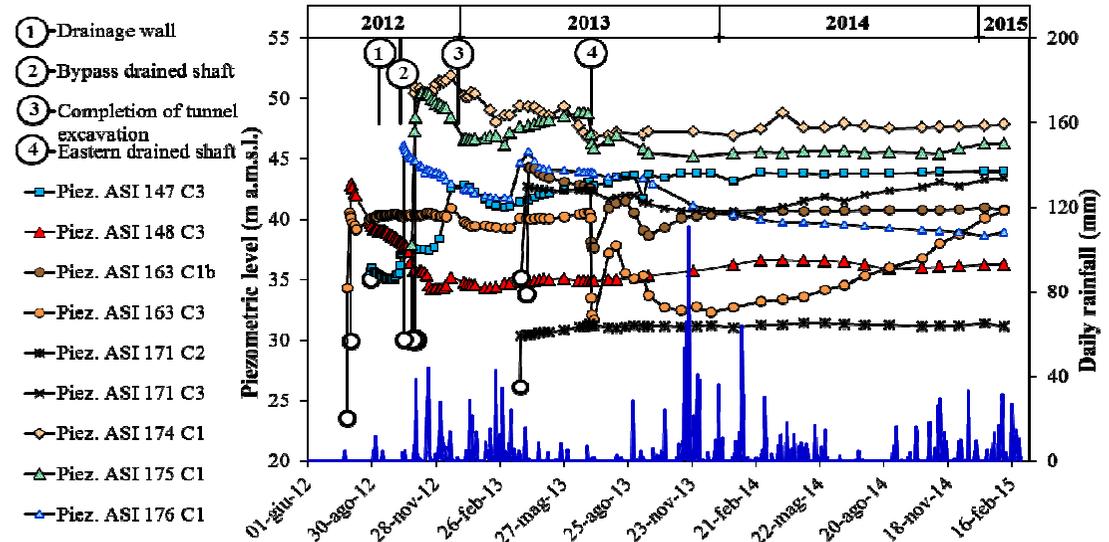
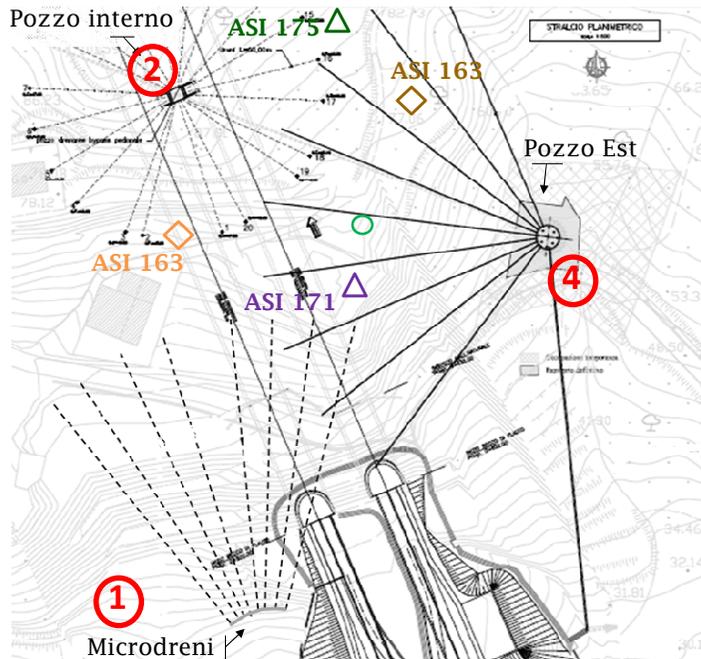
- Pali secanti in cls non armato

INTERVENTI DI DRENAGGIO

- Aste drenanti
- Pozzi strutturali con aste drenanti

PISCOPIO (CZ) SS JONICA

Quota piano di drenaggio prossima alla
superficie di scorrimento (circa 35m l.m.m.)



1 PARETE DI MICRODRENI

Agosto 2012 Realizzazione di un piano di drenaggio con dreni suborizzontali della lunghezza di circa 100 m posizionati in prossimità alla quota della superficie di scorrimento (35 m su l.m.m.) nella zona a Ovest dell'imbocco sud.

2 POZZO BY PASS CON MICRODRENI

Ottobre 2012 Realizzazione di una raggiera di dreni aventi 50 metri di lunghezza, con sfioro a quota 42 m su l. m. m in un pozzo collocato nel bypass fra le due canne di galleria; realizzazione di una trincea drenante sotto l'arco rovescio.

4 POZZO EST CON MICRODRENI

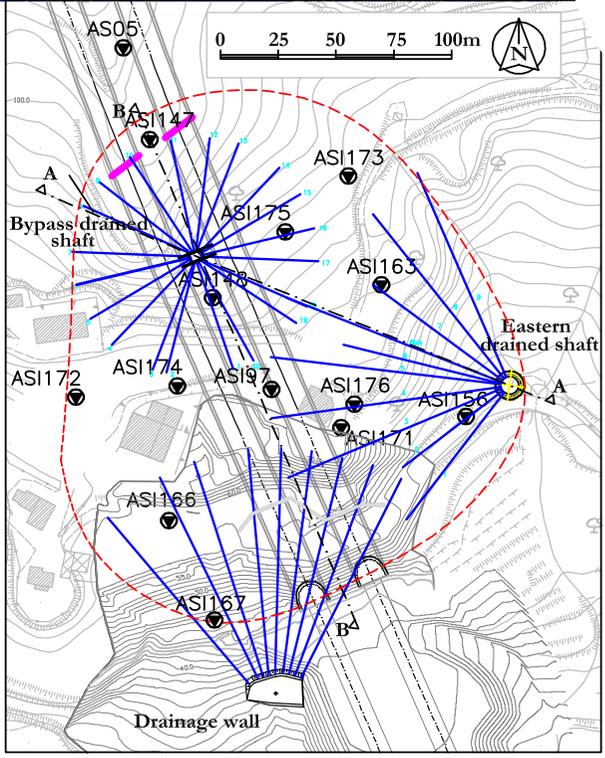
Luglio/Agosto 2013 Realizzazione di un pozzo di grande diametro di 20 m di profondità nella zona ad Est dell'imbocco Sud con raggiera di dreni a quota 35 m su l.m.m.

PER DEFINIZIONE E CONTROLLO INTERVENTO CONSOLIDAMENTO

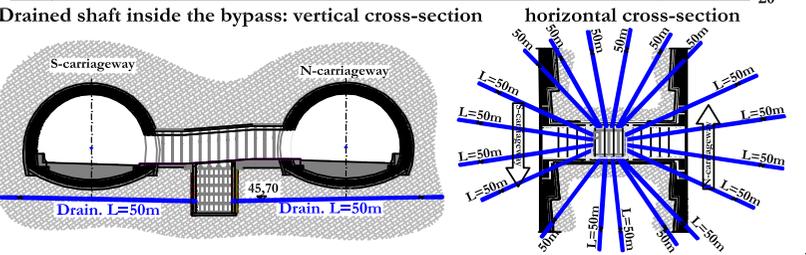
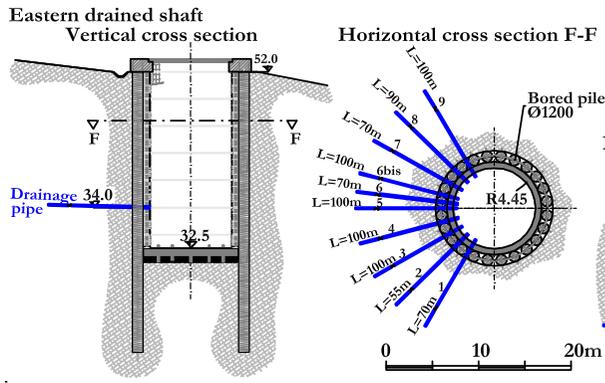
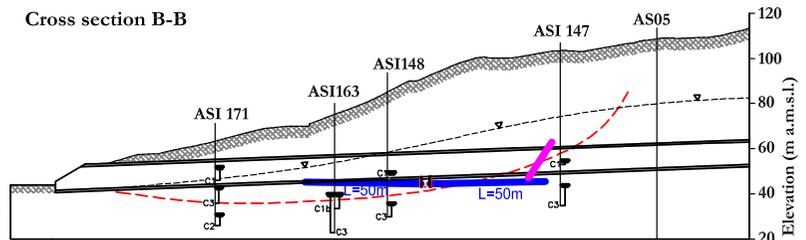
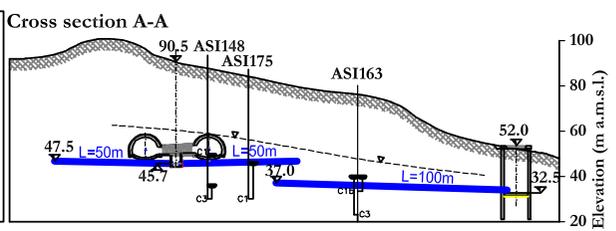


MITIGAZIONE RUOLO MONITORAGGIO

PISCOPIO (CZ) SS JONICA



- Legend**
- Extimation of original phreatic level
 - Drainage pipe
 - Landslide
 - Crack on concrete lining
 - Piezometric cell (values at 01-2015)



SISTEMI EARLY WARNING



GESTIONE DEL RISCHIO RUOLO MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio ha l'obiettivo primario di prevenire gli eventi calamitosi per assicurare la pubblica incolumità nelle aree in dissesto

Un sistema funzionale consente di convivere, per diversi anni, con fenomeni franosi, anche di dimensioni rilevanti

Sistema che acquisisce frequentemente (per lo più automaticamente) una quantità considerevole di misure sperimentali, le elabora in tempo reale e permette di eseguire le necessarie valutazioni, avendo fissato le soglie di attenzione e di allarme

-È necessario un modello interpretativo delle osservazioni (eventualmente da implementare dopo un periodo di sperimentazione)

Sistema di monitoraggio affidabile, ridondante, di cui si deve controllare con continuità il corretto funzionamento

Il sistema deve essere flessibile e integrabile per adattarsi ai cambiamenti delle soglie di allarme e delle condizioni al contorno nel tempo

Il sistema consente di accrescere il livello di conoscenza dei fenomeni e di individuare possibili soluzioni per la mitigazione

- nelle aree instabili di grandi dimensioni quando la fattibilità tecnica ed economica di interventi di completa stabilizzazione è impossibile
es: frana in area urbana: frana di Ancona (intervento del dott. Cardellini)
- nel caso di **versanti instabili in cui siano presenti infrastrutture sensibili**
es: interazione frana infrastrutture stradali: Viadotto Gallarizzo sulla A3 SARC
- nel caso di pendii di estensione limitata ma caratterizzati da **eventi ad alta intensità**, di tipo catastrofico
es: frana a ridosso area commerciale: supermercato Lidl, Zumpano (CS)

CASO STUDIO: FRANA INTEREAGENTE CON UN VIADOTTO SULLA SA-RC

- Esteso fenomeno franoso
- Conoscenza del fenomeno a partire dagli anni successivi alla costruzione del tratto stradale
- Presenza di evidenti manifestazioni del dissesto





ORGANIZZAZIONE E
INTERPRETAZIONE DEI
DATI ESISTENTI IN
MODO ORGANICO E
FUNZIONALE

CARATTERIZZAZIONE
GEOTENICA DEL SITO
IN ESAME

STUDIO
MONITORAGGIO
INCLINOMETRICO
PREGRESSO ED
ATTUALE



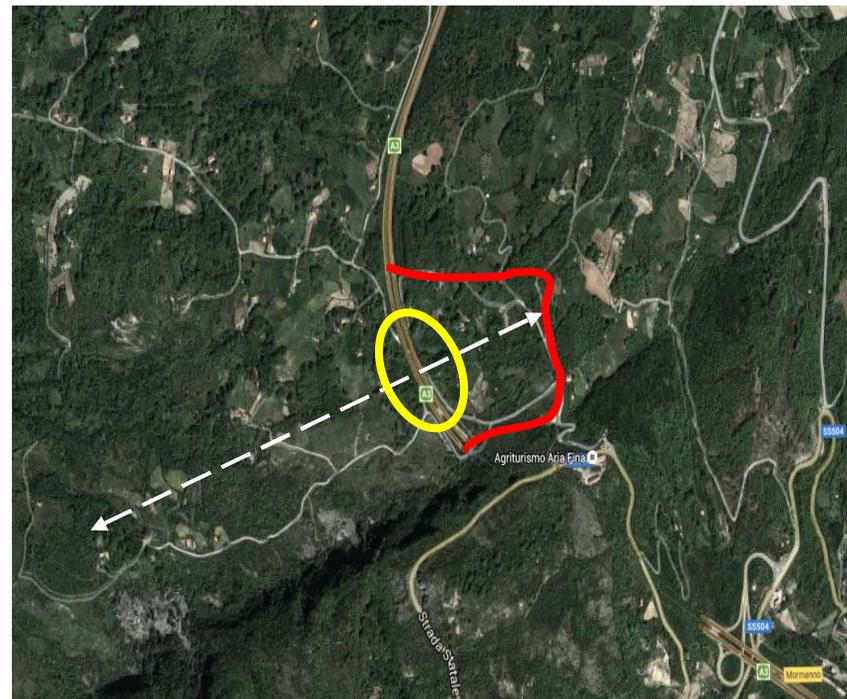
VALUTAZIONE DELL'INTERAZIONE VIADOTTO – FENOMENO FRANOSO

ANALISI NUMERICHE DI TIPO PARAMETRICO



PREDISPOSIZIONE
SISTEMA EARLY
WARNING

- Estensione longitudinale di circa 2 km
- Estensione laterale massima 600 m e minima 300 m
- Superficialmente interessa circa 500 m di tracciato stradale e investe il viadotto



INTERVENTI ESEGUITI IN PASSATO: LA GALLERIA DRENANTE

- La galleria risale agli anni '60/'70
- Dalla disposizione planimetrica, sembra essere stata costruita non solo per il viadotto

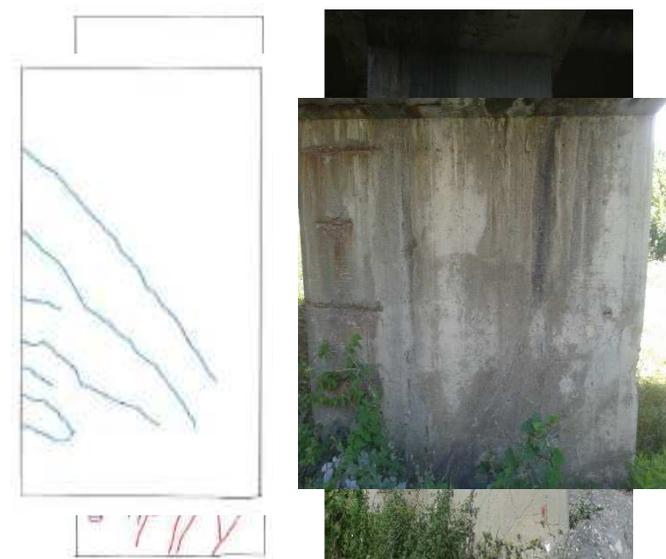
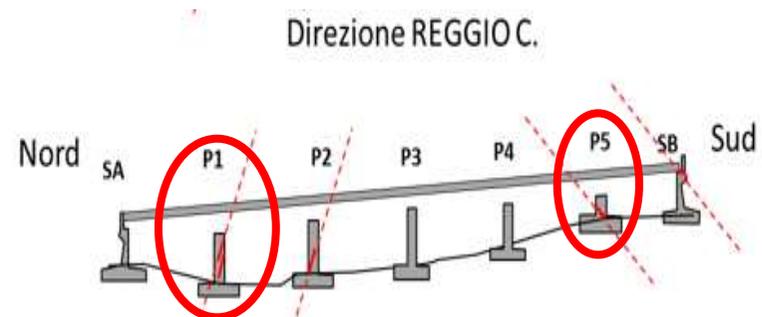
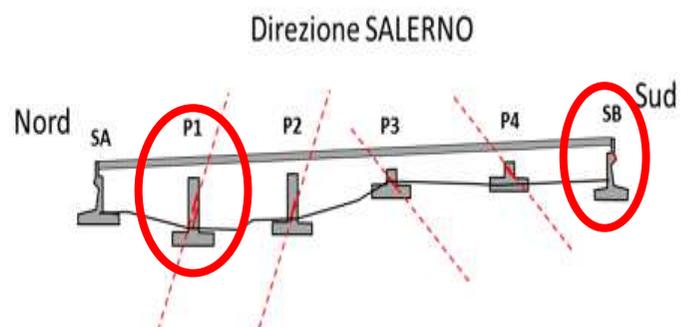


Dissesto del cunicolo



Collegato al lento ma costante movimento del versante



Fondazioni su pozzi in carreggiata Sud; fondazione su pali in carreggiata Nord

Diapositiva 24

ap1

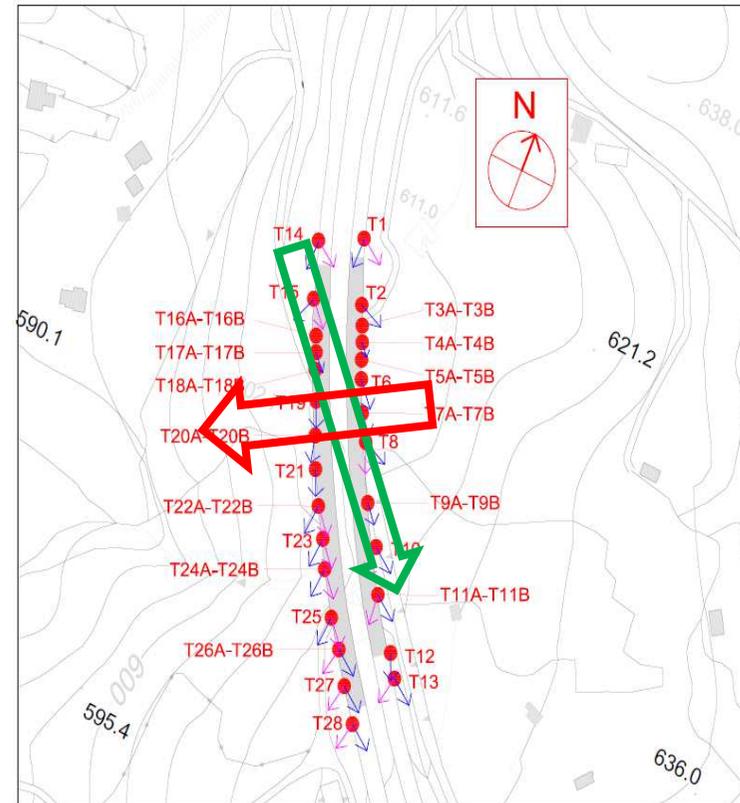
alessandra paternesj; 11/02/2016

MONITORAGGIO STRUTTURALE VIADOTTO GALLARIZZO

- 24 target posizionati tra campate, pile e spalle
- Monitoraggio incompleto e non certo (camosaldi della rete sono esterni al movimento?)
- La direzione gli spostamenti rilevati dal monitoraggio strutturale hanno direzione S-E, una direzione quasi perpendicolare alla direzione del movimento franoso



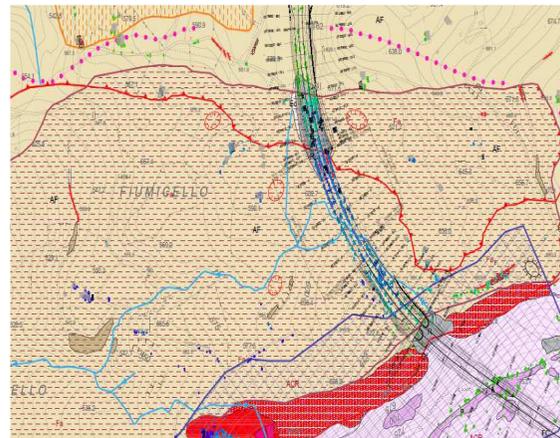
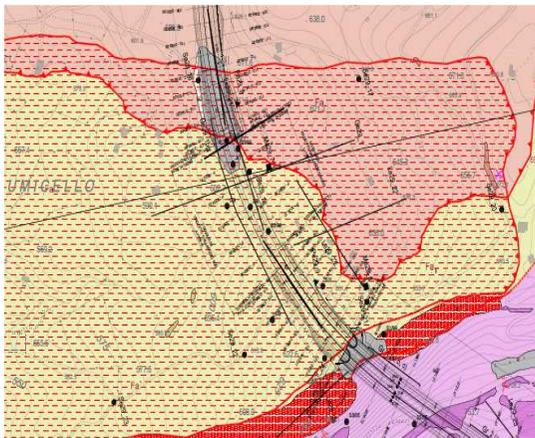
l'impalcato contrasta le spalle soggette a movimenti convergenti verso l'asse del viadotto



La caratterizzazione geotecnica non può prescindere da un buon modello geologico

Le unità geologiche dell'area in esame sono:

- Unità Diamante-Terranova
- Scisti del fiume Lao



2 principali litotipi:

- Limo argilloso/sabbioso
- Argilliti grigie a struttura caotica con calcescisti

**TERRENI
STRUTTURALMENTE
COMPLESSI**

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

- Campagne d'indagine pregresse

- 1989

- 1999



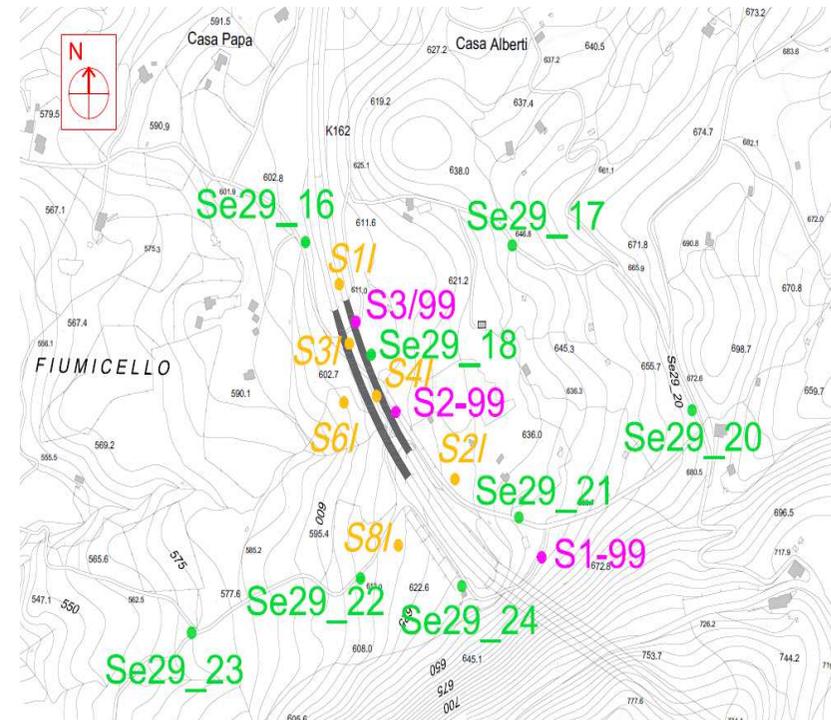
Ricostruzione stratigrafica

- Campagna d'indagine attuale

- 2013



Ricostruzione stratigrafica e
caratterizzazione del terreno



1989



1999

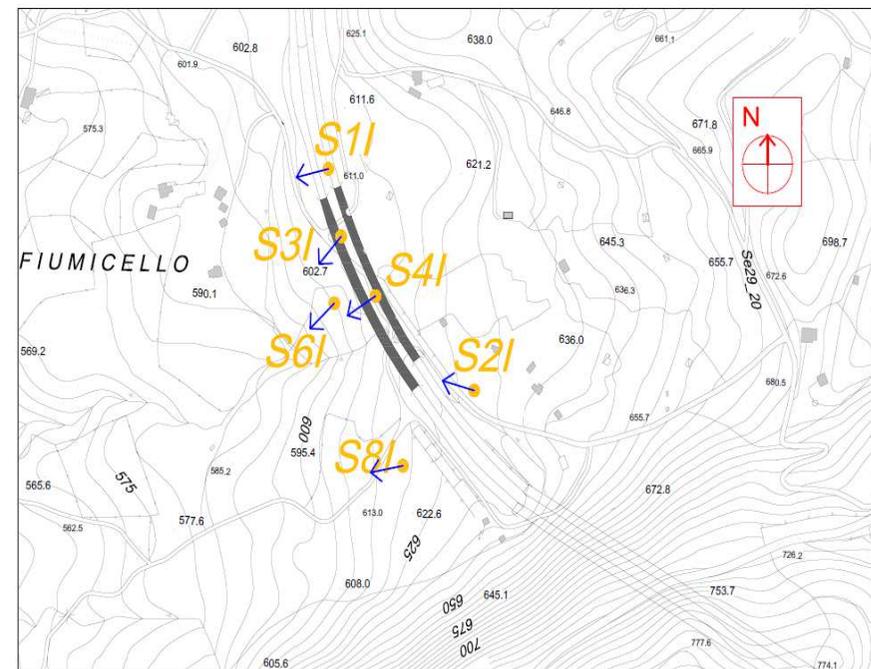


2013

MONITORAGGIO INCLINOMETRICO PREGRESSO

(1989)

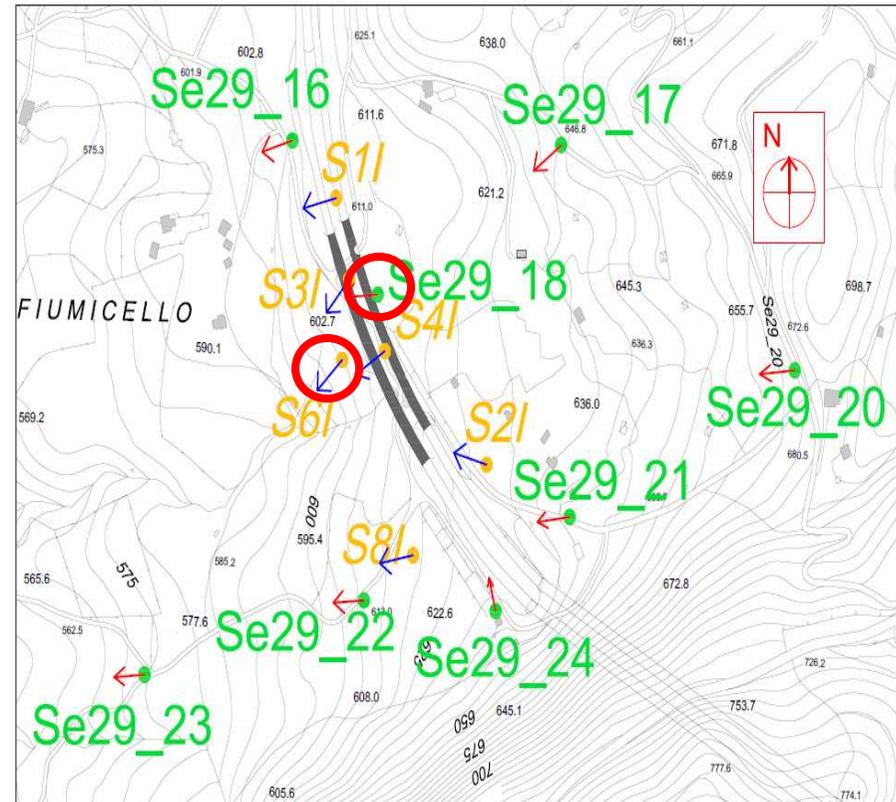
Sondaggio	Profondità movimento [m]	Spostamento [mm]
SI 1G	24	11
SI 2G	18	14
SI 3G	incerta	7
SI 4G	20	8
SI 6G	52 (incerta)	8
SI 8G	38	12



v. spostamenti ≈ 10 mm/anno

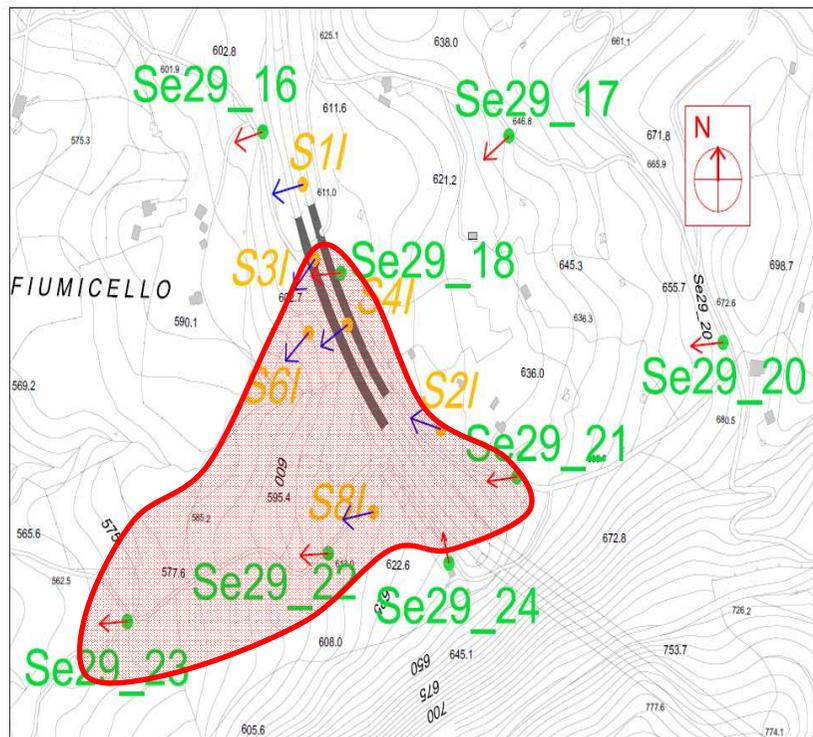
Monitoraggio 2014-2015

Inclinometro	Profondità movimento [m]	Spostamento [mm]
Se29_16	17 e 27	126
Se29_17	13	39
Se29_18	48	137
Se29_20	10	109
Se29_21	17	123
Se29_22	18	106
Se29_23	9 e 25	114
Se29_24	11	18

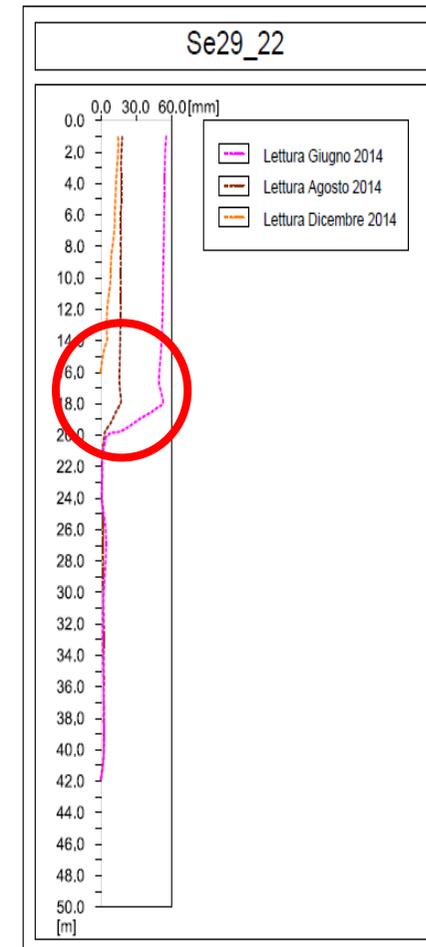
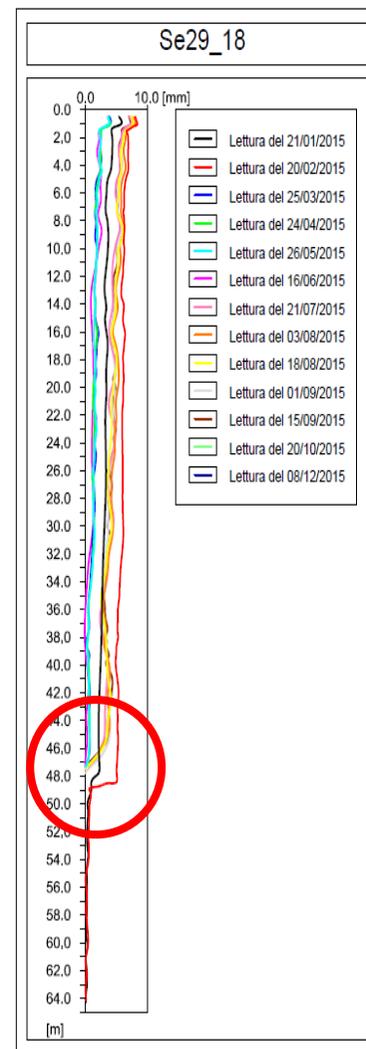


- Se29_18 conferma il SI6G
- Velocità superiori rispetto a quelle del monitoraggio pregresso (?????)

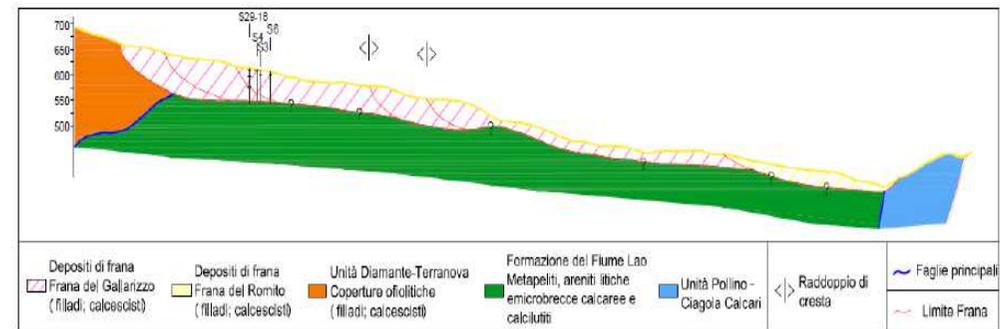
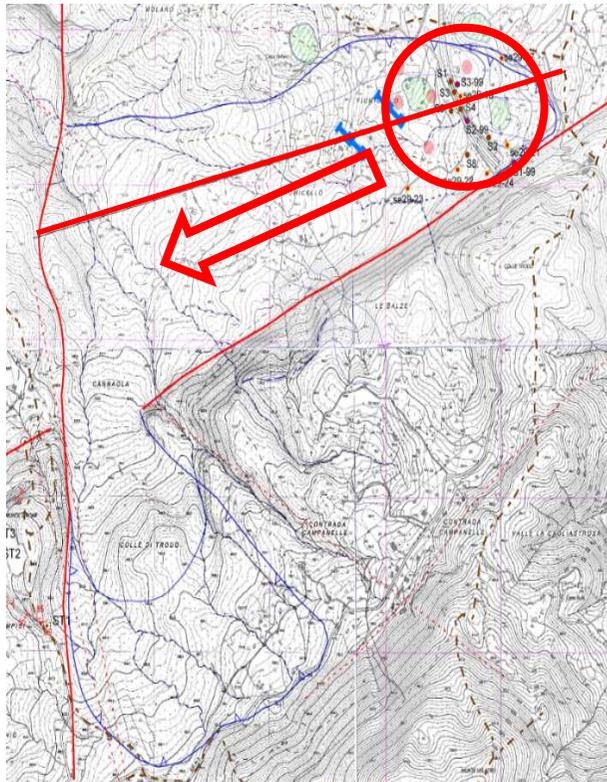
Rottura inclinometri Se29_18, Se29_21, Se29_22, Se29_23

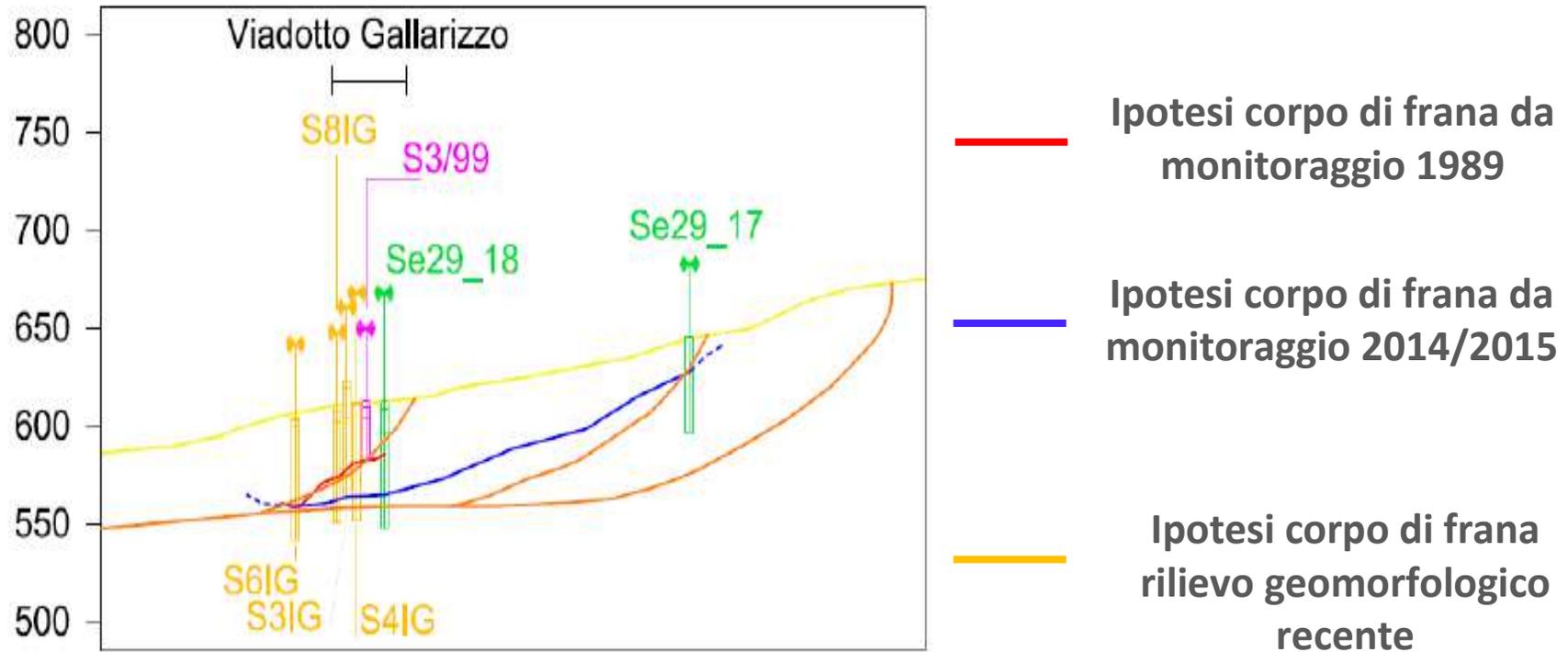


- Direzioni congruenti con i risultati del monitoraggio pregresso
- Direzione particolare del Se29_24



RILIEVO GEOMORFOLOGICO 2015





Il rilievo geomorfologico ha permesso di cogliere la presenza di superfici di rottura dislocate in più punti

OBIETTIVI

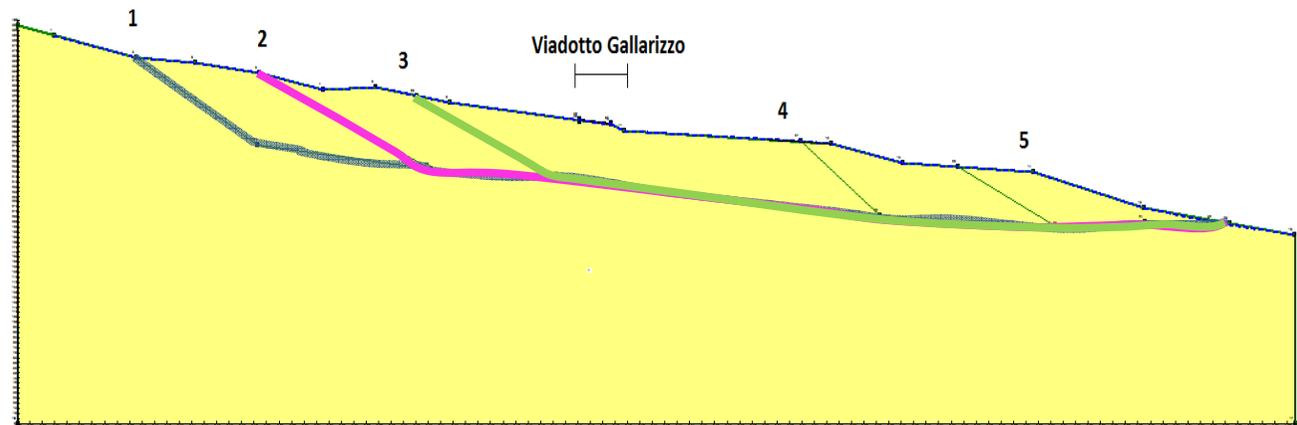
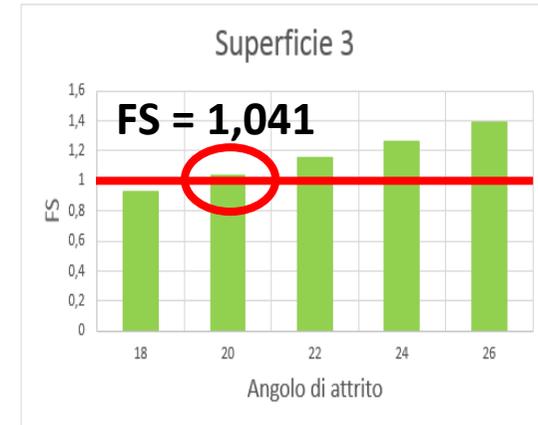
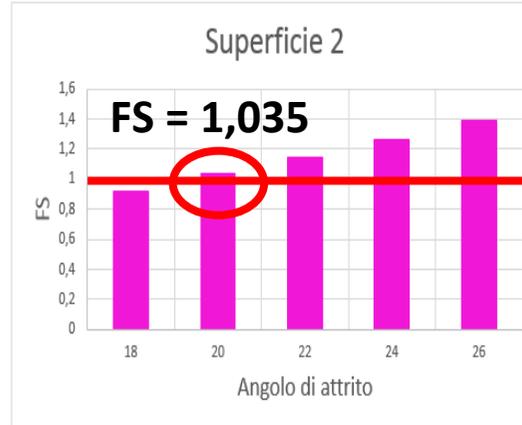
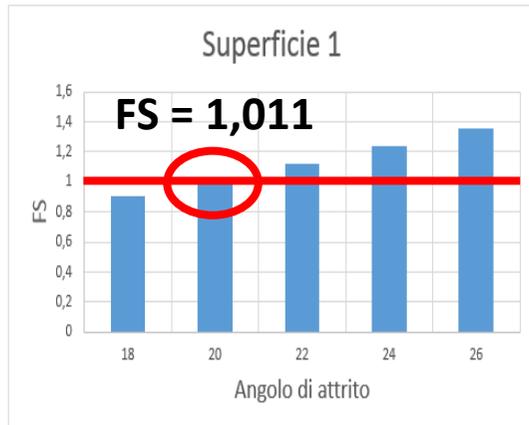
CASO STUDIO

CARATTERIZZAZIONE
GEOTECNICA

MONITORAGGIO
INCLINOMETRICO

ANALISI
PARAMETRICA

CONCLUSIONI



Ipotesi di falda al piano campagna

INTERAZIONE FRANA E INFRASTRUTTURE STRADALI:
IL CASO DEL VIADOTTO SULLA SA-RC

OBIETTIVI

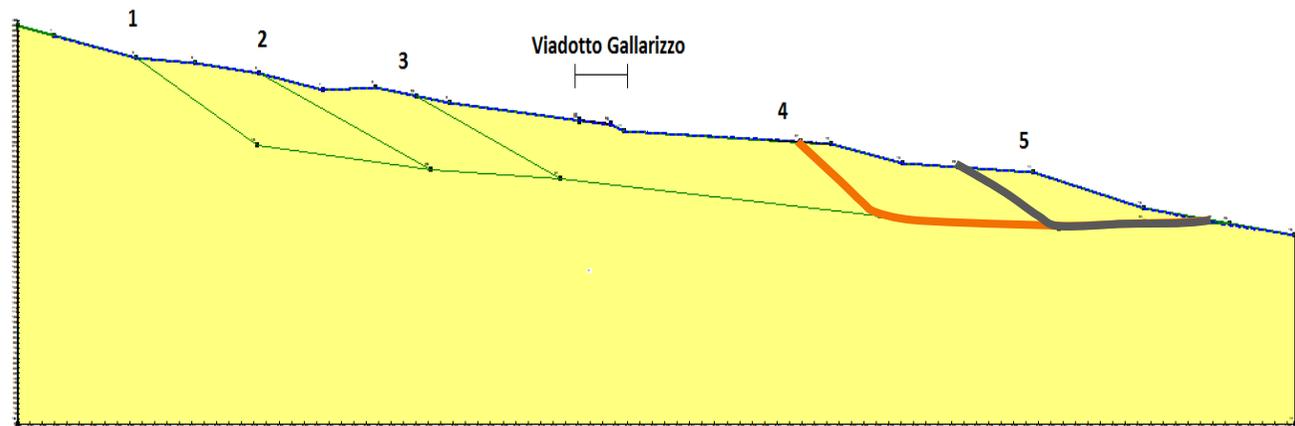
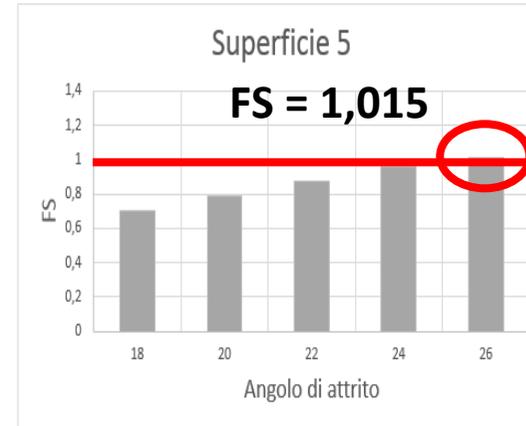
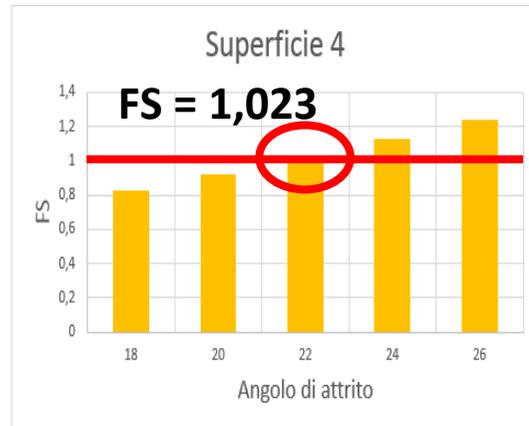
CASO STUDIO

CARATTERIZZAZIONE
GEOTECNICA

MONITORAGGIO
INCLINOMETRICO

ANALISI
PARAMETRICA

CONCLUSIONI



INTERAZIONE FRANA E INFRASTRUTTURE STRADALI:
IL CASO DEL VIADOTTO SULLA SA-RC

OBIETTIVI

CASO STUDIO

CARATTERIZZAZIONE
GEOTECNICA

MONITORAGGIO
INCLINOMETRICO

ANALISI
PARAMETRICA

CONCLUSIONI

**INTERAZIONE MOVIMENTO
FRANOSO - VIADOTTO**

- Non è chiara la causa delle lesioni sul manufatto stradale, dai dati disponibili non si riescono a comprendere le modalità di interazione

**CARATTERIZZAZIONE
GEOTENICA E
MODELLI NUMERICI**

- Utile per progettare un sistema early warning è la disponibilità di una buona caratterizzazione geotecnica (difficile per i terreni complessi)
- Le analisi parametriche a ritroso sono utili per valutare i parametri di resistenza

**SISTEMA DI
MONITORAGGIO EARLY
WARNING**

- Tempi lunghi per studiare il fenomeno
- Impiego di strumentazione adeguata
- Monitoraggio pregresso fondamentale per valutare l'evoluzione nel tempo
- Riprendere la caratterizzazione geologica e geomorfologica
- Analisi parametriche (geotecniche e strutturali) utili a predisporre il sistema e definire le soglie di attenzione ed allarme

INTERAZIONE FRANA E INFRASTRUTTURE STRADALI:
IL CASO DEL VIADOTTO SULLA SA-RC

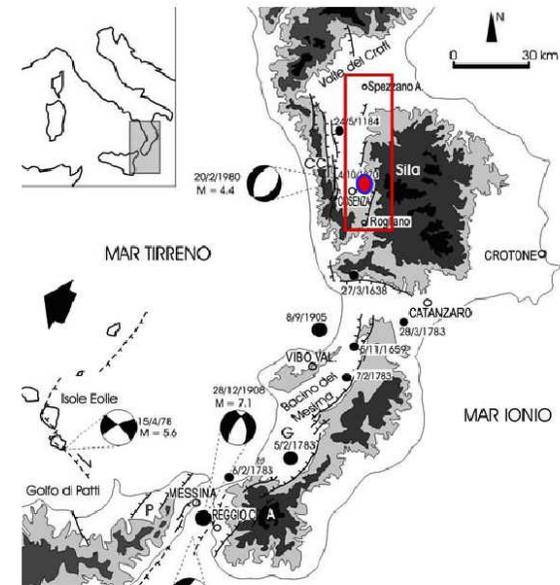
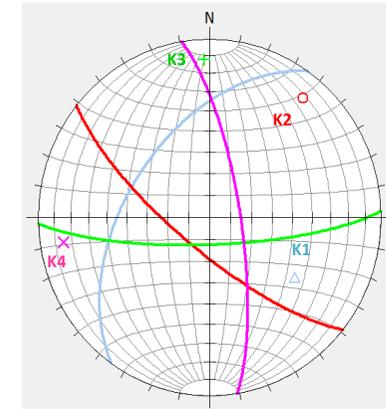


Figura 6 - Il graben del Fiume Crati, evidenziato dal rettangolo rosso, è bordato, nell'area in esame, da faglie orientate circa N-S, mentre verso nord si incontrano strutture ad andamento WNW-ESE. Il punto rosso e blu evidenzia l'area oggetto di studio.

Il **2 Marzo 2011** si verificava un evento franoso che investiva la filiale LIDL di Zumpano. Dal costone retrostante l'edificato si mobilizzavano alcune migliaia di metri cubi di materiale, prevalentemente incoerente, che travolgevano il muro retrostante l'edificio, si riversavano sulla parte posteriore del capannone e, sfondando la parete posteriore e parte del tetto, invadevano per circa 10-15 m l'interno del locale commerciale.



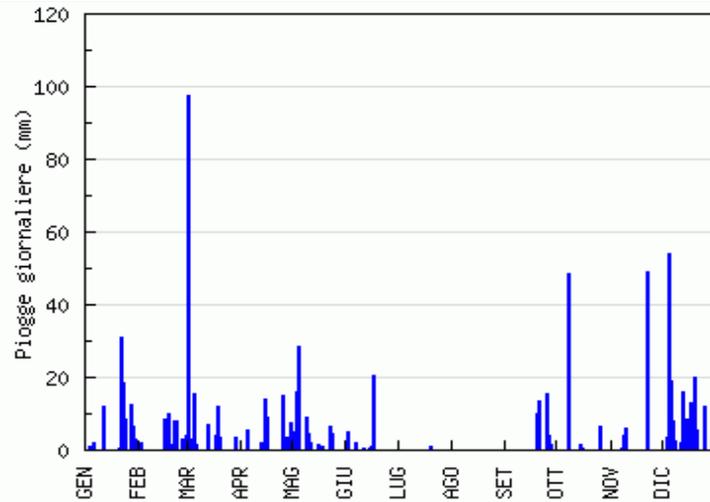
La morfologia del versante nell'area di distacco, è concava e condizionata dalla presenza di elementi strutturali a grande scala riconducibili alla formazione del Graben del Crati.

Il rilievo geomeccanico ha permesso di individuare almeno quattro famiglie di discontinuità ed un piano di stratificazione blandamente immergente verso Est.

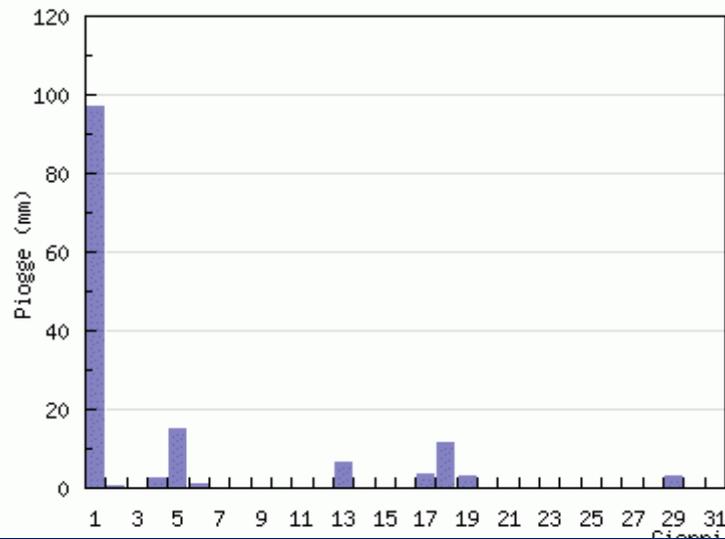
INTERVENTI



ZUMPARO



Cosenza - Marzo 2011



Il giorno precedente il crollo, la stazione pluviometrica di Cosenza (Figura 7e Figura 8) ha registrato il **giorno più piovoso del 2011**, con una precipitazione giornaliera di 97mm, circa 20mm superiore alla precipitazione giornaliera massima registrata nel corso del 2010.



Condizioni predisponenti il dissesto intervenendo su vari aspetti:

- energia cinetica dovuta all'acqua di corrivazione
- saturazione degli accumuli di terreno rimaneggiato verso la base del pendio
- aumento delle pressioni interstiziali per innalzamento della falda nel versante
- spinta idraulica dovuta al riempimento di fessure di trazione presenti alla sommità del pendio a monte dei tratti verticali

Le caratteristiche morfologiche del fenomeno, le modalità di innesco e la velocità con cui esso si è sviluppato portano a identificare il movimento come un “*soil slip*”, ovvero una **mobilitazione dei materiali di copertura, evoluta in colata**.

Non si può peraltro escludere che, data la notevole energia sviluppata durante l’evento franoso possano essere state coinvolte alcune porzioni del materiale integro isolate da discontinuità che le predispongono al distacco



Probabile che l’infiltrazione nel sottosuolo di elevate quantità di acqua (con conseguente formazione di fenomeni di colata) avvenga in corrispondenza delle zone dove sono osservabili venute d’acqua

Per quanto riguarda l'alimentazione dei depositi di versante a seguito degli eventi di crollo del costone sommitale è stato previsto:

- riprofilatura per ridurre le scarpate**: in particolare delle scarpate laterali disposte in senso favorevole alle famiglie di discontinuità rilevabile sul fronte
- rinforzo corticale con reti armate**
- inerbimento (prati armati)**
- sistemazione idraulica**
- struttura passiva al piede**

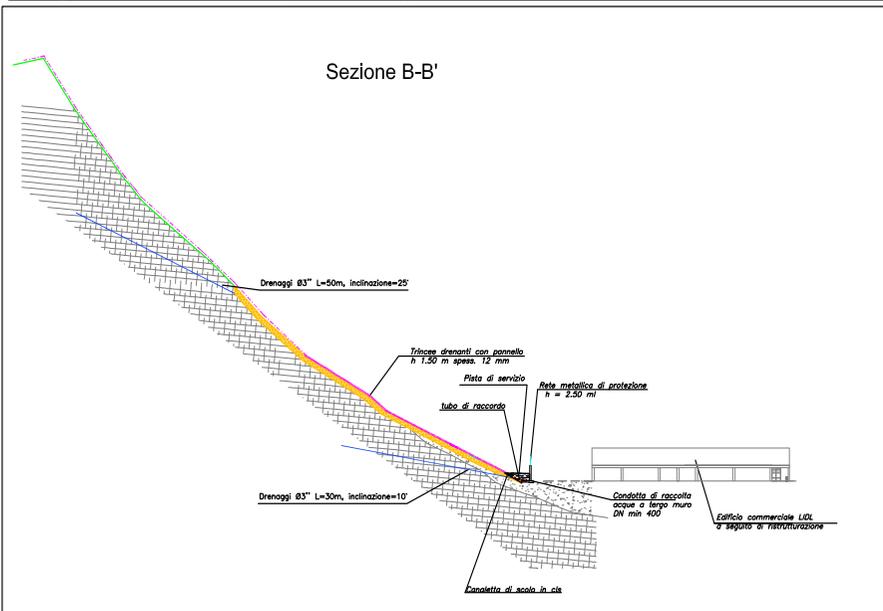
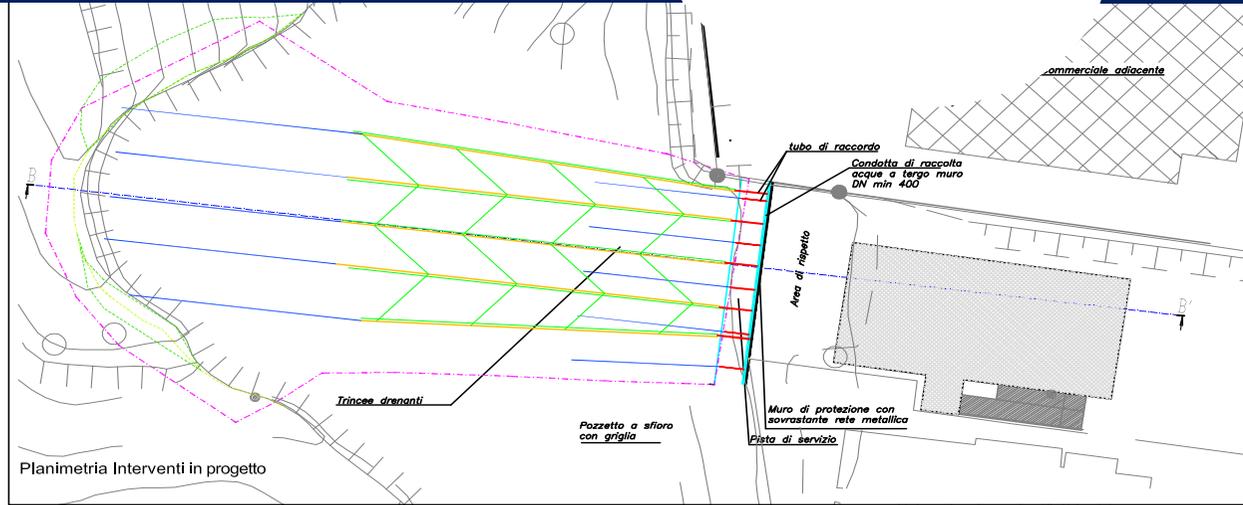


15/02/2013

INTERVENTI SULL'IDRAULICA DEL VERSANTE



ZUMPANO



trincee (in giallo)
 microdreni (in blu)
 canalette (in verde).

	Traccia delle sezioni		Rinforzo corticale
	Orlo della scarpata		Trincea drenante
	Traccia Indicativa riprofilatura		Tubo drenante microfessurato Ø3"
	Curve di livello da rilievo - eq. 1,50 m		Condotta drenante DN mln 400
	Cartografia numerica comunale		Canalette
	Limite area Interdetta alla fruizione ed al transito delle persone		Tubo di raccordo

Trincee drenanti

Nella parte mediana e bassa del versante, orientate lungo la direzione di massima pendenza, in grado di intercettare l'acqua dei livelli sabbiosi da un lato e di mantenere asciutta la coltre alterata nella parte bassa del pendio dall'altro (5 trincee per $L = 80\text{m}$. $L_{\text{tot}} = 400\text{m}$);

Microdreni

nella parte alta del versante, in grado di intercettare in profondità le acque di interstrato emergenti dal versante e convogliarle all'interno delle trincee drenanti; per intercettare il maggior numero di livelli sabbiosi il dreno verrà inclinato di 25° - 30° sull'orizzontale (5 dreni per $L = 50\text{m}$. $L_{\text{tot}} = 250\text{m}$); al piede del versante, per abbattere la piezometria del versante nella zona di massimo spessore delle coltri (5 dreni per $L = 30\text{m}$. $L_{\text{tot}} = 150\text{m}$);

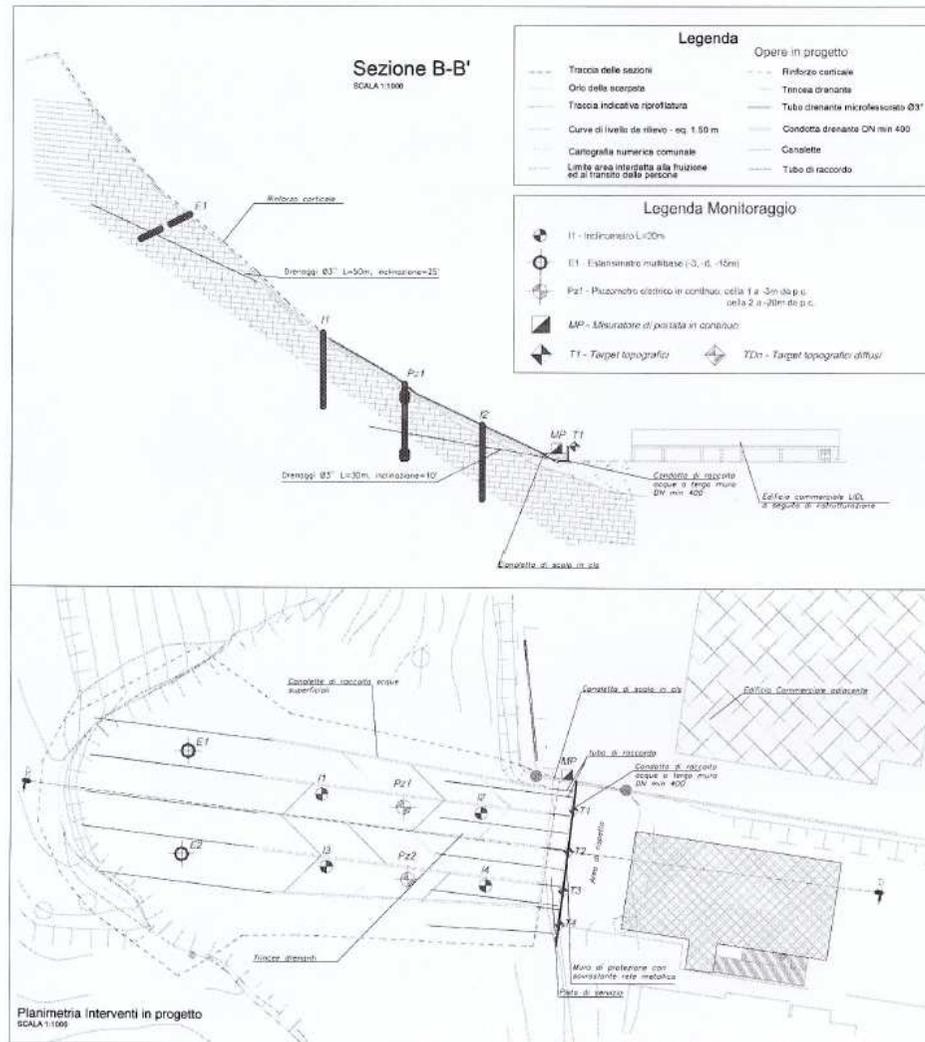
Canalette superficiali, da realizzarsi in parte sulla sommità delle trincee (con lo scopo di impermeabilizzare lo scavo) ed in parte diagonalmente alla massima pendenza (ad interasse longitudinale di 20m , per intercettare ed allontanare l'acqua di corrivazione, limitando al massimo l'infiltrazione meteorica sulla coltre (250m)).



SISTEMI DI MONITORAGGIO CLASSICO E EARLY WARNING



ZUMPANO

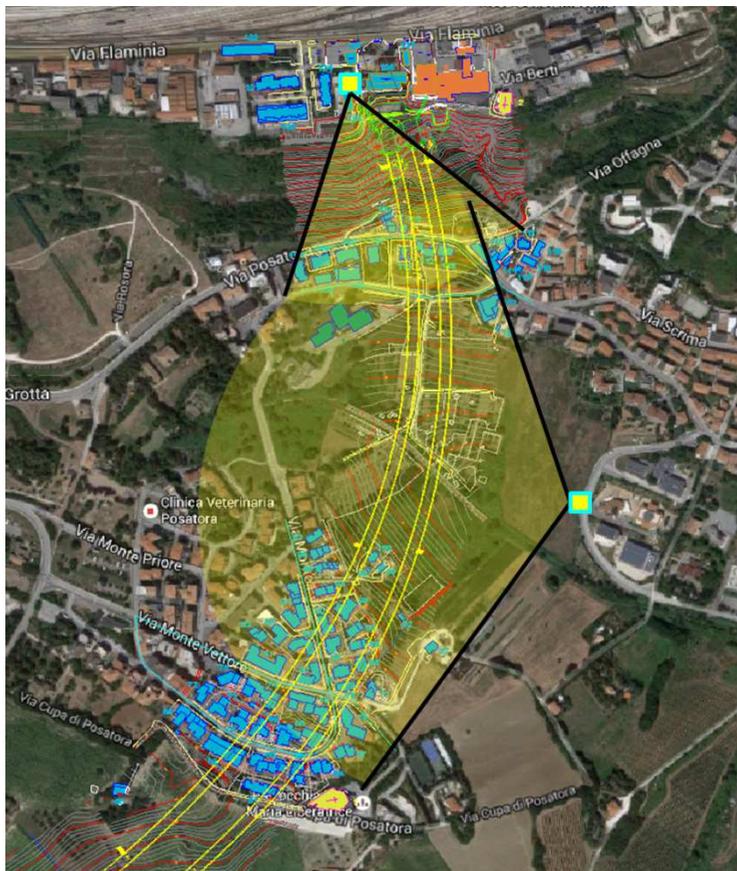


Piano di monitoraggio per verificare l'efficacia degli interventi per il dissesto di Zumpano

PIANO DI MONITORAGGIO FASE PROGETTUALE

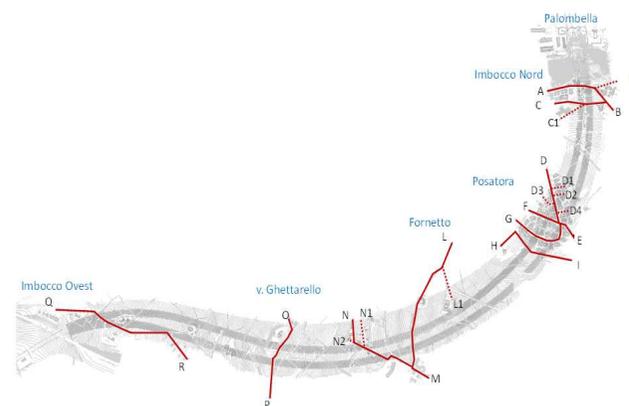


PASSANTE DORICO



Stazioni totali automatizzate

Stazioni totali automatizzate che seguono stessa architettura sistema early warning frana di Ancona



Livellazione topografica di superficie

Movimenti di versante

IN – Movimento all’Imbocco Nord (Versante lato mare)

A – Movimento in loc. Posatora (lato NE)

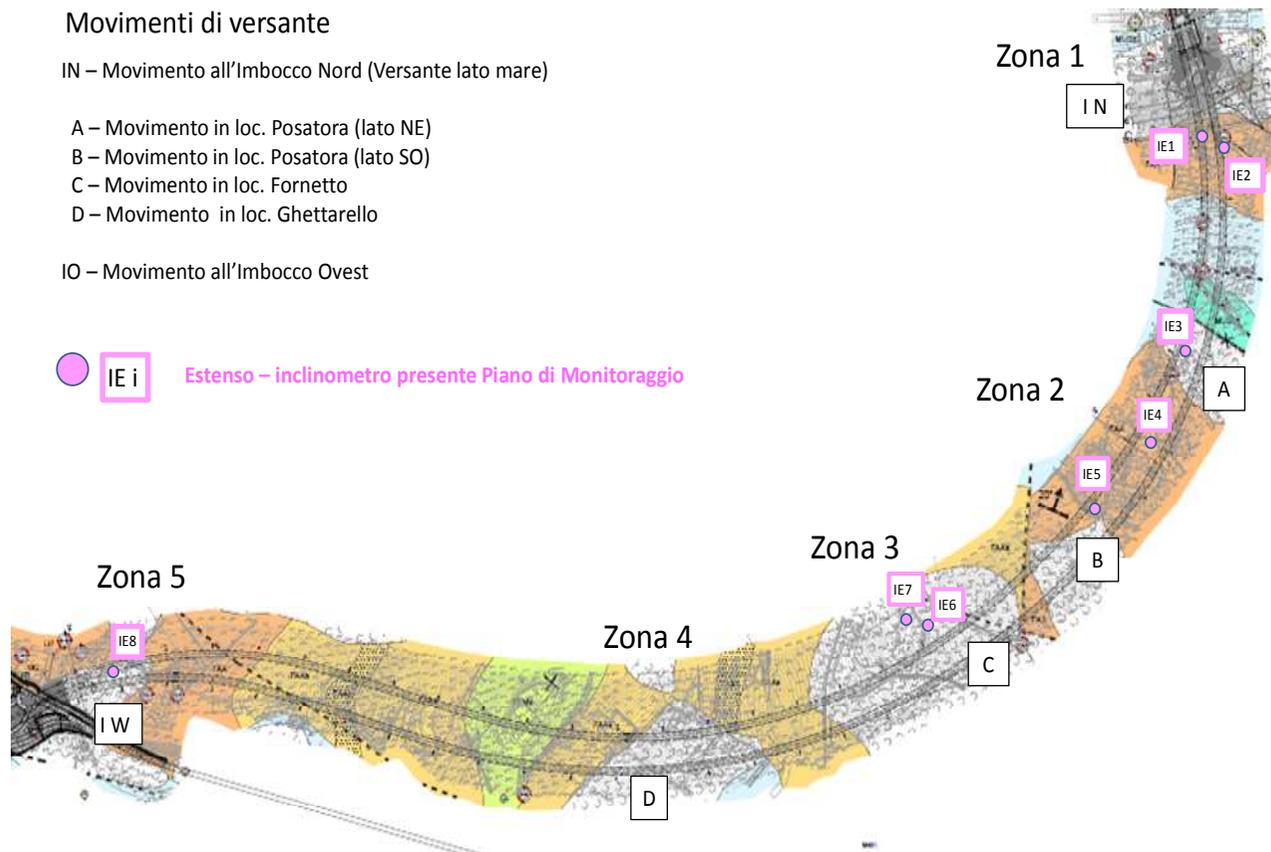
B – Movimento in loc. Posatora (lato SO)

C – Movimento in loc. Fornetto

D – Movimento in loc. Ghettarello

IO – Movimento all’Imbocco Ovest

● IE i Estenso – inclinometro presente Piano di Monitoraggio



*Planimetria con le ubicazioni degli estenso-inclinometri del Piano di monitoraggio.
La base cartografica è la carta geologica (in bianco i movimenti di versante)*

È possibile progettare il monitoraggio delle aree (in)stabili solo avendone ben chiare le finalità

- prevenzione (degli effetti di interventi sul pendio)
- mitigazione del rischio (per il controllo dei fenomeni quando possibile)
- gestione del rischio (quando non è possibile risolvere il fenomeno con opere di stabilizzazione), anche con sistemi di early warning

Il principio che un pendio sia stabile solo con un valore del fattore di sicurezza >1 può essere superato con l'impiego intelligente del monitoraggio. Le Norme Tecniche per le Costruzioni si sono adeguate:

- quando considerano come parametro utile per le valutazioni sulla sicurezza la velocità di deformazione
- nelle valutazioni della performance sismica

Le moderne tendenze normative dunque si basano sul concetto di «performance» di un'opera:

- per un pendio il monitoraggio è funzionale alla valutazione della «performance»

Il piano dei controlli e di monitoraggio dei pendii è parte integrante del piano di indagini ed è uno strumento essenziale per validare le ipotesi sulla sicurezza del pendio e l'efficacia degli interventi di stabilizzazione. In situazioni particolari, il monitoraggio continuo del pendio è funzionale alla gestione della sicurezza dei manufatti presenti e rappresenta un metodo per la mitigazione del rischio rispetto ai fenomeni di instabilità per frana.

Il primo obiettivo del monitoraggio è quello di preparare un quadro di riferimento del comportamento del pendio prima di attuare un intervento di stabilizzazione. Si dovranno a questo fine installare strumentazioni che permettano di misurare l'evoluzione di grandezze fisiche significative quali spostamenti, superficiali e profondi, e pressioni interstiziali. Le misure dovranno essere messe in relazione con i dati di natura meteorologica rese disponibili da stazioni di osservazione presenti nella zona, ovvero installate appositamente.

Quando possibile, il monitoraggio del pendio può avvalersi delle informazioni sullo stato di sforzo e di deformazione di manufatti presenti. In tal caso è necessario conoscere la consistenza strutturale dei manufatti, in particolare tipologia e profondità di fondazione.

Il sistema di controllo da mettere in opera dovrà essere progettato con una sensibilità adeguata alla pericolosità del fenomeno, quest'ultima valutata in funzione della velocità di sviluppo dell'evento franoso. Così ad esempio, nei casi di fenomeni di crollo potenziale di scarpate in roccia, il monitoraggio dovrà essere continuo e idoneo a cogliere tutti i possibili segni premonitori di un'instabilità.

La tipologia dei fenomeni franosi attesi condiziona quindi la frequenza e le modalità di misura.

Tenuto conto della particolarità dell'ambiente fisico in cui si deve svolgere il monitoraggio, la disposizione della strumentazione ed il numero dei sensori, dovranno essere scelti in base a principi di ridondanza ed affidabilità del sistema complessivo.