



Report di approfondimento relativo all'attuale stato di attività del fenomeno franoso di Montaguto – febbraio 2011

Il presente documento costituisce un report di approfondimento dei dati di monitoraggio analizzati su base mensile.

L'obiettivo della presente nota è quello di identificare e descrivere le diverse aree soggette a movimento, approfondendo in particolar modo i settori caratterizzati da tassi di movimento giornalieri sub-centimetrici che risultano spesso poco evidenti nella reportistica giornaliera.

A partire dal mese di gennaio è stato dunque introdotto un nuovo report su base mensile con l'obiettivo di compiere delle valutazioni nel medio periodo e riassumere i diversi trend di movimento registrati.

Nella presente nota, oltre alle analisi su base mensile verrà inserito anche un approfondimento circa le modalità di elaborazione dei dati messe a punto specificatamente per il monitoraggio in essere. Data la complessità del fenomeno e i diversi cinematismi registrabili nei settori indagati, si è infatti ritenuto opportuno implementare strategie di rilevamento e trattamento dei dati specifiche per ogni settore indagato; per maggiori approfondimenti si rimanda al capitolo dedicato.

Come consuetudine, il presente documento sarà suddiviso in funzione dei tre settori sui quali sono attivi i sistemi di monitoraggio del CNR IRPI.

PRECIPITAZIONI

Nel mese di febbraio sono state registrate precipitazioni complessive per un totale di 83 mm. I giorni in cui si sono state osservate precipitazioni sono complessivamente 10 e, come si evince dal grafico, gran parte di esse nella giornata del 18 con un valore pari a 49 mm.

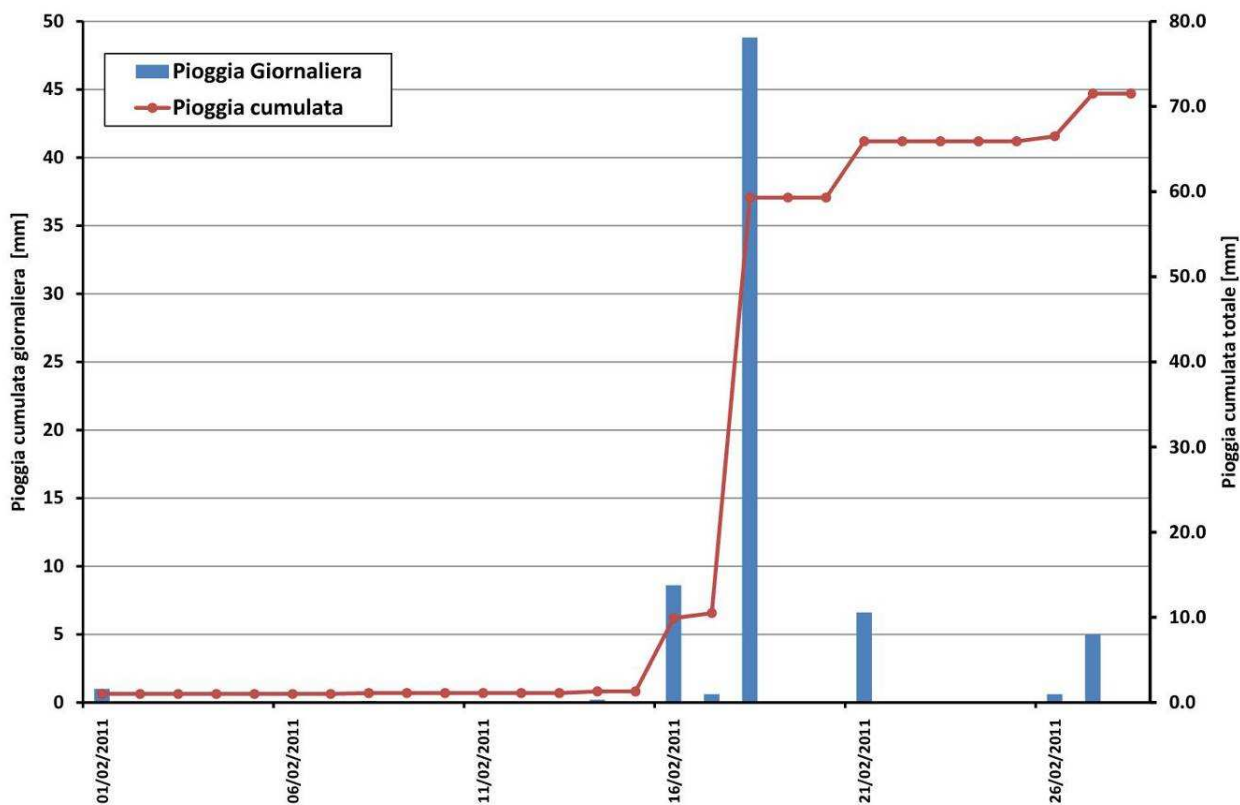


Figura 1: grafico delle precipitazioni cumulate del mese di febbraio; particolarmente evidente il picco di precipitazione del 18 febbraio che rappresenta da solo il 59 % del valore totale mensile.

TESTATA DELLA FRANA

In questo settore è attivo un sistema di monitoraggio composto da una rete topografica di 19 prismi organizzati in due macro-gruppi:

- A. la rete di monitoraggio della nicchia principale;
- B. la rete di monitoraggio del settore che originariamente costituiva il setto di contenimento del lago di monte.

Queste due reti di monitoraggio hanno come finalità:

- A. l'analisi della tendenza retrogressiva del fenomeno testimoniata dalla presenza sul terreno di trench ed altri elementi disgiuntivi che evidenziano una chiara condizione di instabilità delle ripide pareti che costituiscono l'attuale nicchia principale;
- B. il controllo delle condizioni di stabilità dell'area della testata di frana recentemente oggetto degli interventi di drenaggio.

I dati del sistema di monitoraggio evidenziano una situazione di sostanziale stabilità, con movimenti molto localizzati che hanno interessato, con andamento intermittente, entrambi i settori.

Per quanto riguarda i dati relativi al settore A, gli spostamenti registrati sono inferiori ai 5 cm/mese; l'unica eccezione è il prisma 18 che ha fatto registrare un movimento di 10 cm/mese, confermando la presenza di un settore attivo localizzato nell'intorno del prisma.

Per quanto riguarda il settore B, ovvero la testata della frana, i movimenti registrati nel mese di febbraio evidenziano uno spostamento cumulato dei punti 6, 15, 17 e 31 dell'ordine del centimetro.

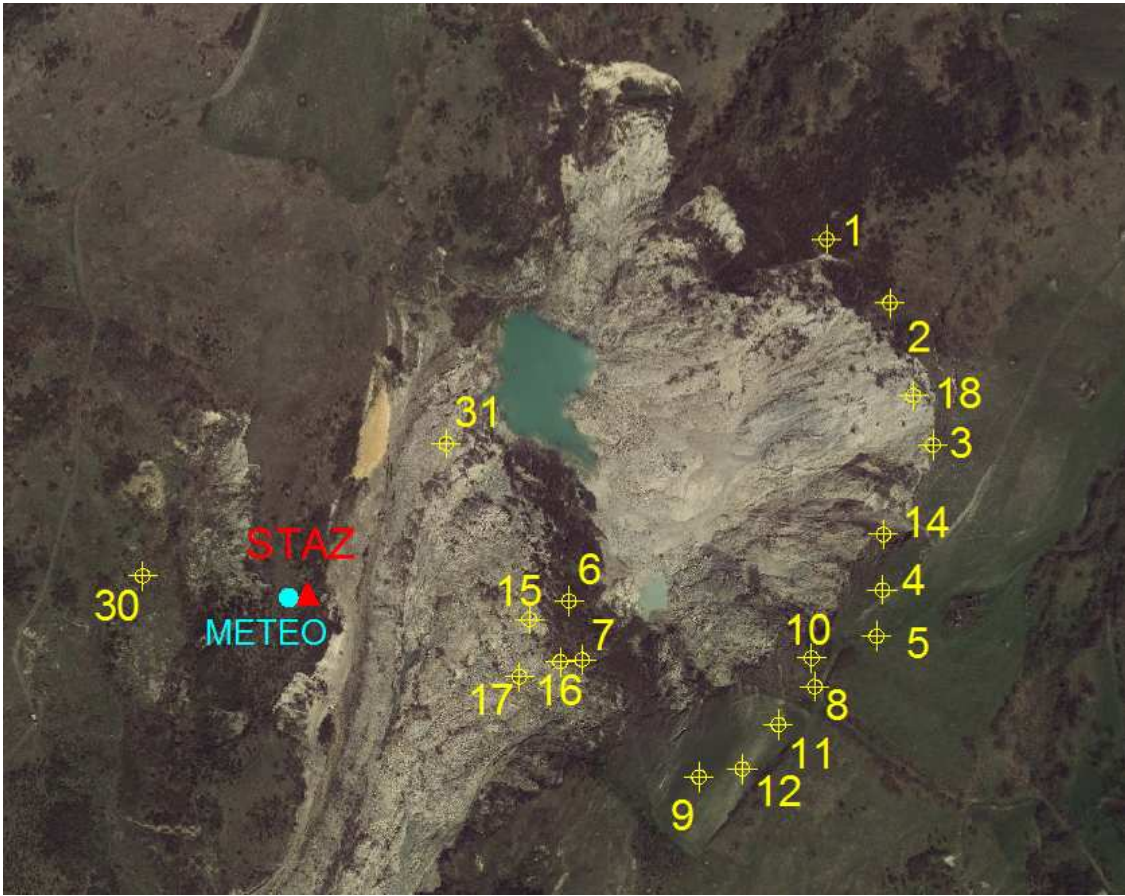


Figura 2: distribuzione dei prismi nell'area di testata.

QUOTA 700

Il sistema di monitoraggio installato a quota 700 controlla gli eventuali movimenti registrati dal settore medio alto del fenomeno franoso.

L'andamento delle velocità dei prismi nel mese di febbraio ricalca quello già evidenziato in gennaio, con la presenza di cinque settori a comportamento omogeneo (figura 3):

- A. la parte a monte della trincea drenante, caratterizzata da tassi di movimento molto ridotti inferiori al cm/mese
- B. il punto 15 che rappresenta l'area più attiva, con uno spostamento di 64 cm/mese
- C. i punti 8 e 9 hanno tassi di movimento più bassi del prisma 15 che oscillano tra i 17 e 24 cm/mese
- D. il settore di valle compreso tra i punti 7 e 11, che ha tassi di spostamento molto modesti con valori che oscillano intorno ai 1.5 cm/mese
- E. il settore di valle compreso tra i punti 10 e 14, che ha dei tassi di movimento variabili che possono essere riassunti con un valore medio dell'ordine dei 25 cm/mese.

Rispetto a gennaio si evidenziano le seguenti differenze:

- le velocità del prisma 15 (settore B) sono passate da un valore di picco di 16 cm/mese del mese di gennaio a 64 cm/mese di febbraio;
- una diminuzione dei tassi di velocità del settore D, passato da 4 cm/mese a 1.5.

Particolarmente confortante, al momento, il dato di velocità della zona ove è stata messa in opera la trincea drenante; tale dato dimostra infatti la condizione di sostanziale stabilità dell'area su cui è stata realizzata l'opera di drenaggio.

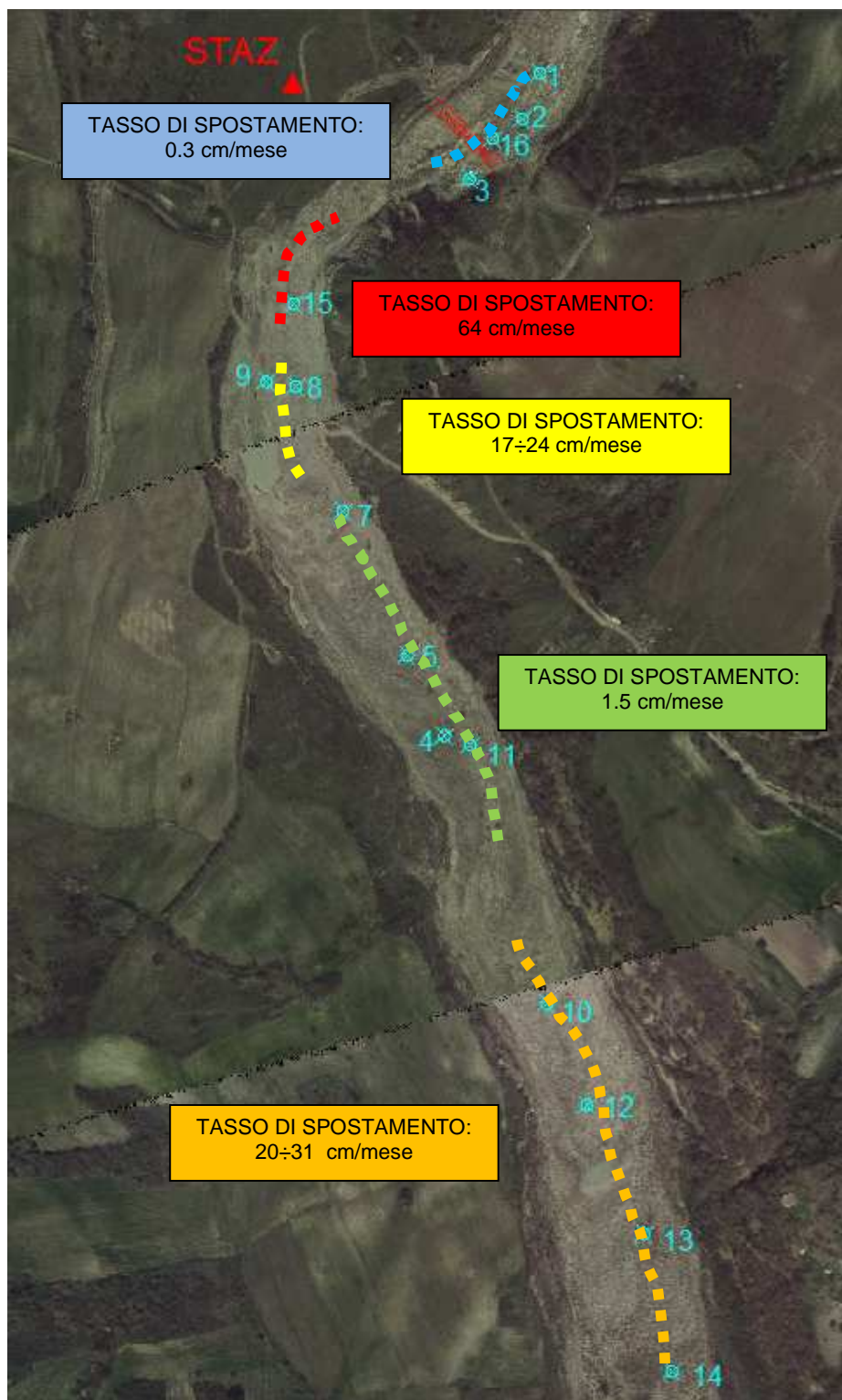


Figura 3 risultanti degli spostamenti mensili dell'area monitorata a quota 700

PIEDE DELLA FRANA

Il piede della frana rappresenta il settore attualmente più attivo.

Per quanto riguarda il mese di febbraio il tasso di spostamento massimo registrato è quello del prisma 11 e corrisponde a circa due metri.

L'analisi dei tassi di deformazione e della distribuzione delle velocità dei prismi nel tempo (in funzione anche dell'andamento delle precipitazioni) ha permesso di confermare le considerazioni già precedentemente esposte che identificano tre settori:

A) il settore est ha registrato tassi di spostamento estremamente contenuti (inferiori al cm/mese), che evidenziano una situazione di sostanziale stabilità anche in occasione di precipitazioni intense;

B) il settore centrale dell'area monitorata (prismi 5, 10, 11) è caratterizzato dalla presenza di un fenomeno attivo che registra gli spostamenti più elevati; l'andamento delle velocità nel tempo è direttamente influenzato dalle precipitazioni; come già evidenziato in passato, gli spostamenti dei prismi 5 e 6 sono verosimilmente influenzati anche dalle attività antropiche di rimozione per il mantenimento del franco di sicurezza.

C) il settore occidentale (prismi 6, 7, 8, 4 ,20) presenta invece un grado attività decisamente più limitato legato esclusivamente ai periodi in cui si hanno apporti meteorici.

Data l'elevata variabilità del grado di attività di questa zona, si è ritenuto opportuno, in questa fase, l'utilizzo di una reportistica che ricalca quella del report giornaliero: qui di seguito vengono dunque presentate la tabella riassuntiva che mette a confronto i dati di spostamento mensile del periodo di gennaio e febbraio e la visualizzazione degli spostamenti in pianta.

I dati della tabella evidenziano che, per precipitazioni cumulate mensili simili, gli spostamenti registrati in febbraio di gran parte dei prismi sono in linea con quelli precedenti.

Hanno invece un comportamento diverso i punti 5, 6, 7, che presentano un deciso decremento e il punto 11, che invece è l'unico in aumento.

Prisma soggetto a movimento	Vel. medie del mese di gennaio (m/mese)	Vel. medie del mese di febbraio (m/mese)	Indicazione relativa al trend di movimento*
1	0.72	<0.01	STAZIONARIO
2	0.02	0.01	STAZIONARIO
3	<0.01	0.03	STAZIONARIO
4	0.04	<0.01	STAZIONARIO
5	2.48	1.66	DECREMENTO
6	2.03	1.14	DECREMENTO
7	2.12	0.97	DECREMENTO
8	0.87	0.74	STAZIONARIO
9	0.70	0.51	STAZIONARIO
10	0.55	0.67	STAZIONARIO
11	0.90	2.17	INCREMENTO
12	0.04	0.01	STAZIONARIO
13	0.23	0.26	STAZIONARIO
14	0.02	<0.01	STAZIONARIO
15	0.02	0.01	STAZIONARIO
16	<0,01	0.02	STAZIONARIO
17	0.02	0.02	STAZIONARIO
18	0.02	0.03	STAZIONARIO
19	-	0.01	installato nel mese di febbraio
20	-	0.45	installato nel mese di febbraio

* l'indicazione relativa al trend di movimento viene effettuata attraverso l'analisi comparata del dato numerico e dei grafici. I punti vengono inseriti nella tabella nel momento in cui i valori di spostamento sono elevati o comunque è possibile riconoscere un chiaro trend di movimento (anche con bassi valori di spostamento comunque ritenuti significativi). Data la notevole variabilità di velocità del sito e le sue possibili oscillazioni durante la giornata, al momento si considera necessaria una variazione di velocità superiore ai 20 cm/mese per una modifica nella categoria del trend.



Figura 4: visione d'insieme del sistema monitoraggio attivo al piede della frana con la proiezione della viabilità provvisoria sulla foto area ante-sistemazione. Nell'immagine vengono riportati i tassi di movimento mensili (m/mese); lo sfondo delle caselle indica la tendenza: rosso – incremento; giallo – stazionario; verde - decremento.

NUOVE METODOLOGIE APPLICATE AI SISTEMI DI MONITORAGGIO DI MONTAGUTO

Come già precedentemente annunciato, in questo report verranno presentate alcune novità relative alle metodologie sviluppate da Gruppo di GeoMonitoraggio per poter utilizzare al meglio il potenziale offerto dalla strumentazione installata.

Lo sviluppo portato a termine nel corso degli ultimi mesi hanno avuto le seguenti finalità:

- A. aumentare il grado di comprensione dei dati di spostamento delle stazioni totali;
- B. realizzare una piattaforma multiparametrica in grado di elaborare in uno spazio comune i dati derivanti dai diversi sistemi di monitoraggio utilizzati;
- C. sperimentare l'impiego combinato di un sistema di monitoraggio LIDAR/stazione totale.

Per quanto riguarda il punto A sono stati sviluppati una serie di algoritmi che consentono di visualizzare i vettori di spostamento dei singoli punti nelle tre dimensioni e riprodurre le zone caratterizzate da differenti tassi di movimento attraverso opportune scale di colore.

Gli elaborati prodotti con queste tecniche sono stati inseriti nel bollettino giornaliero per la zona del piede a partire dal 18 gennaio 2011 con l'obiettivo primario di incrementare il grado di comprensione dei dati di monitoraggio dell'area soggetta ai tassi di movimento più marcati.

Le visualizzazioni prodotte nel report giornaliero sono tuttavia solamente il primo step di un processo di sviluppo di questo applicativo che ha subito nuove e successive modifiche.

Le immagini sino ad ora fornite sono state processate utilizzando un sistema di riferimento locale, tipico dei sistemi di monitoraggio mediante stazione totale che, solitamente, hanno nel proprio punto di stazione l'origine del sistema di riferimento.

In un'ottica di utilizzo integrato di tutti i dati disponibili, l'utilizzo dei dati della stazione totale in coordinate locali costituisce una limitazione importante, che può essere superata passando da un sistema di riferimento locale ad uno geografico. Nel caso specifico, si è quindi passati da un sistema di coordinate locali al sistema di riferimento UTM WGS 84, che è comune a tutti i dati sin ora raccolti.

Questa successiva implementazione permette un uso combinato dei dati di monitoraggio in near real time con le altre fonti di dati disponibili e va nella direzione della costituenda piattaforma multistrumentale che è in corso di sviluppo.

L'immagine qui di seguito presentata mostra l'applicazione del modello di deformazione della rete topografica del piede integrata con uno shaded relief derivato dal rilevamento LIDAR di giugno 2011.

Ovviamente, la creazione di un sistema misto permette ogni tipo di combinazione tra i diversi dati disponibili, aumentando le possibilità di analisi incrociata dei dati.

Velocità media mensile (01/02/2011 - 28/02/2011)

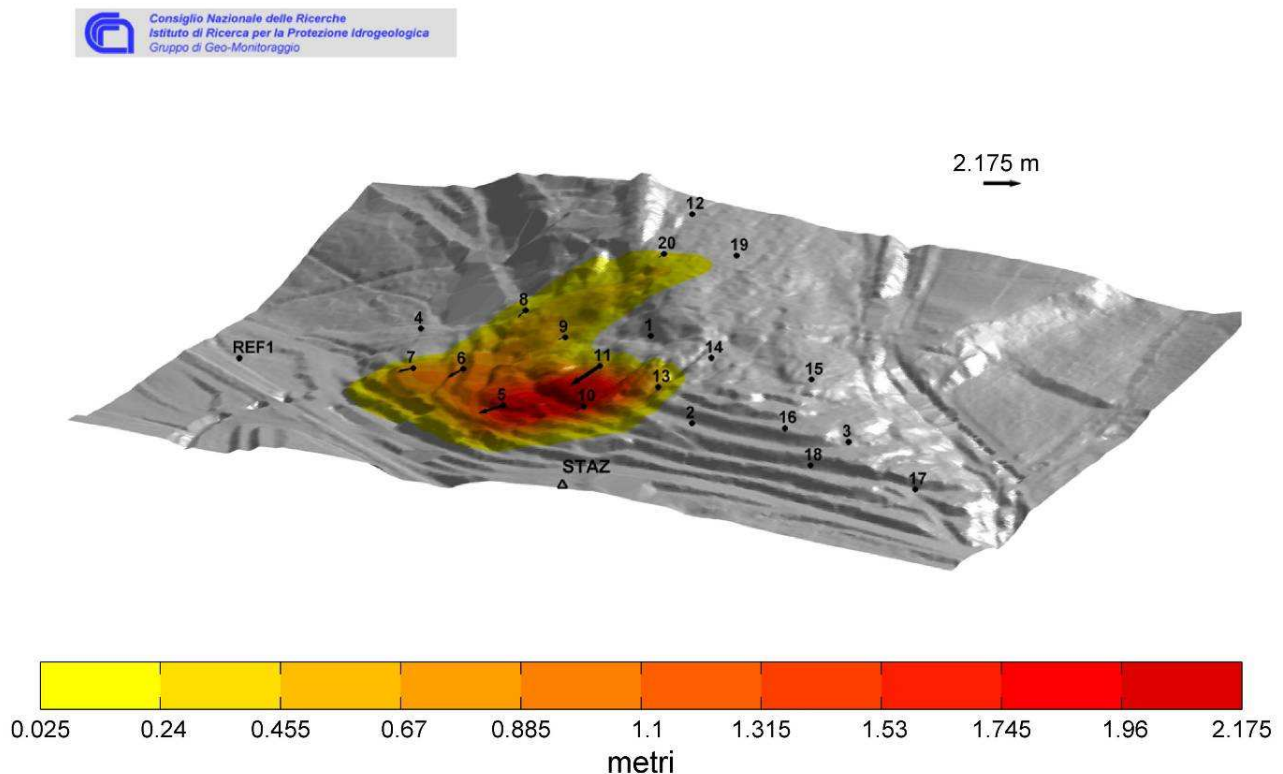


Figura 5: modello delle deformazioni cumulate del mese di febbraio; come sfondo è stato utilizzato uno shaded relief derivato dal rilevamento LIDAR di giugno 2010. I dati di deformazione evidenziano come il settore più attivo sia stato l'area dove sono presenti i prismi 5, 10 e 11; le velocità sono espresse in metri/mese.

Tale applicazione è poi stata estesa anche all'area di Quota 700; anche in questo caso il dato della stazione totale è stato georiferito e reso disponibile in abbinamento al dato LIDAR.

Dati i limitati tassi di movimento, è verosimile che l'applicazione del modello tridimensionale a questo settore avvenga con cadenza mensile; se considerato alla scala del report giornaliero, infatti, spesso i tassi di movimento sono così contenuti da rendere scarsamente rappresentativo l'inserimento di questa soluzione, che esprime al meglio le sue potenzialità

soprattutto in contesto dove sono presenti evidenti deformazioni differenziali tra i diversi domini cinematici che compongono l'area monitorata.

Se analizzato a scala mensile il modello consente un'efficace visualizzazione dei settori che nel mese di febbraio sono stati caratterizzati da tassi di movimento differenti.

Velocità media mensile(01/02/2011 - 28/02/2011)

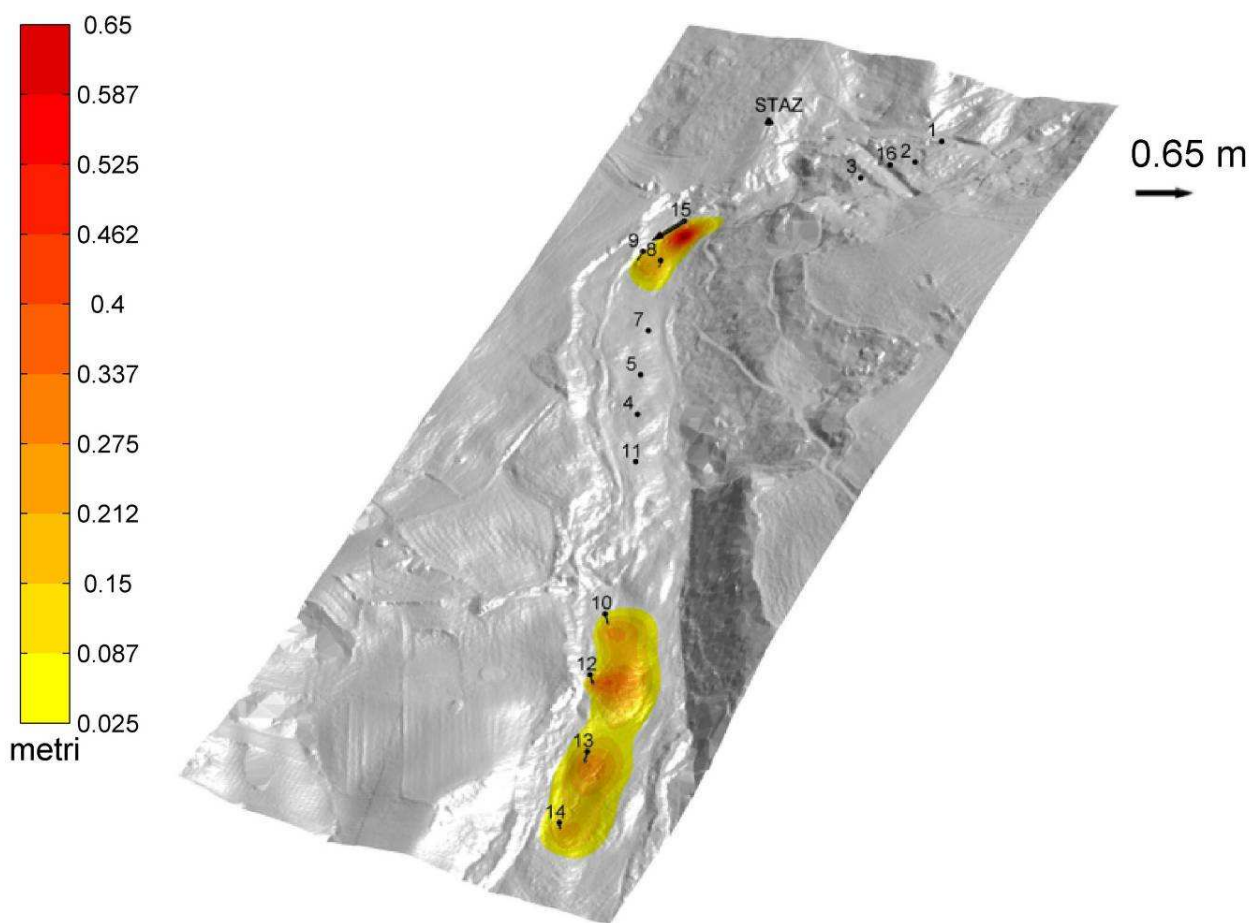
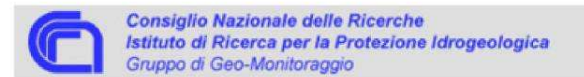


Figura 6: calcolo delle deformazioni cumulate del mese di febbraio applicato all'area monitorata di quota 700.

Anche in questo caso lo sfondo scelto è lo shaded relief derivato dai dati LIDAR di giugno 2010.

L'immagine evidenzia una situazione di forte disomogeneità dei tassi di movimento, con un massimo in corrispondenza al prisma 15.

L'ultimo punto riguarda l'esecuzione combinata di un monitoraggio mediante stazione totale e laser scanner.

Il Gruppo di GeoMonitoraggio dispone di un laser scanner terrestre Riegl 420i che viene utilizzato per la realizzazione di DTM ad alta risoluzione. Tale impiego è già stato testato in differenti contesti geomorfologici legati allo studio della dinamica di versante; in tutti i casi, la strategia di utilizzo prevede l'esecuzione di DTM seriatî dell'area di studio senza la realizzazione di una postazione di misura fissa e senza un utilizzo dello strumento in continuo.

Nel caso della testata della frana, le condizioni di evoluzione del fenomeno hanno evidenziato come vi siano delle aree soggette all'attivazione di soil slip molto localizzati, difficilmente controllabili con una stazione totale. Se si osserva, infatti, la distribuzione dei prismi presenti in quest'area si nota una collocazione non omogenea, che predilige alcuni settori a discapito di altri; in particolar modo, le ripide pareti che costituiscono la nicchia di distacco principale della frana mal si prestano ad un monitoraggio con stazione totale.

Consci di questa criticità, sin dalle prime fasi di allestimento della rete di monitoraggio si è deciso di prediligere l'installazione di una particolare stazione totale (Topcon IS), che al momento è l'unica in grado di funzionare in maniera ibrida: lo strumento esegue dei cicli di misura come qualsiasi altra stazione totale, ma parallelamente può anche essere utilizzato in modalità "mini laser scanner" per eseguire dei DTM dell'area monitorata.

L'esperienza in atto rappresenta un'attività con un elevato grado di originalità per la stessa casa produttrice ed è quindi stata necessaria un'iniziale fase di messa a punto delle modalità di gestione remota in modalità laser scanner. Qui di seguito viene presentato un estratto del DTM dell'area della testata che deriva dall'impiego dell'IS.

Il DTM rappresenta la scansione di riferimento, che potrà essere impiegata per un'analisi multi temporale delle deformazioni indotte dall'attivazione di fenomeni altrimenti difficilmente monitorabili con un approccio molto simile a quello impiegato per l'analisi dei dati LIDAR rilevati da aereo.

Dati i ridotti tassi di deformazioni dell'area in esame, i tempi di esecuzione delle misure e, soprattutto, l'elevato assorbimento elettrico dello strumento in modalità scansione, l'applicazione di tale modalità verrà eseguita con una frequenza da definire, che sarà valutata in base alle risultanze dei dati di deformazioni giornalieri desunti dal monitoraggio "tradizionale" mediante prismi.

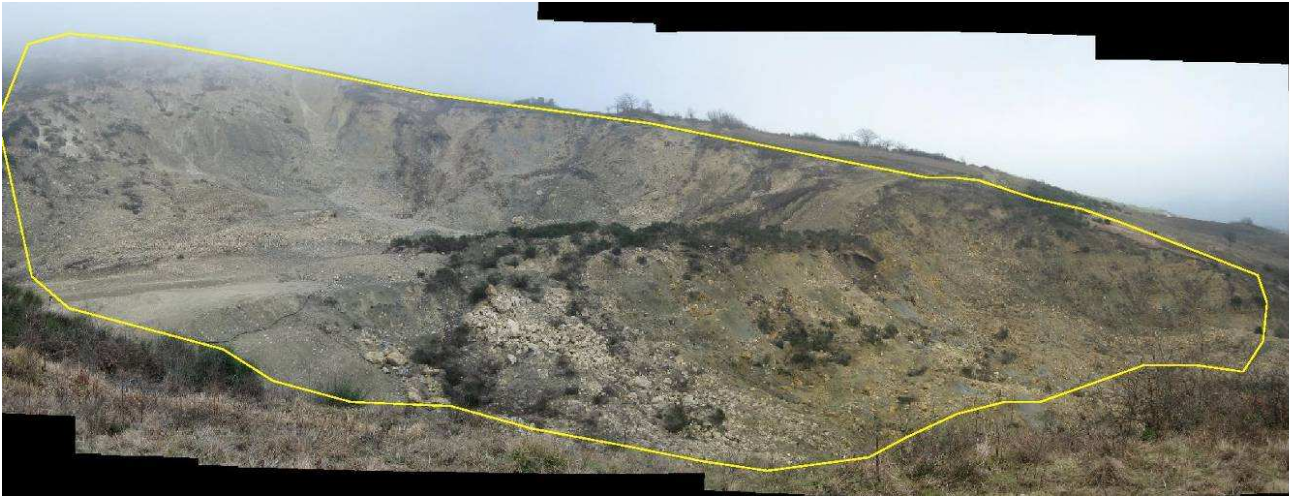


Figura 7: area della testata sulla quale è stato realizzato il DTM mediante IS



Figura 8: Esempio di un settore ripreso con la strumentazione

Torino, il 4/03/2011

Gruppo di Geo-Monitoraggio