

Regione Piemonte

Provincia di Torino



COMUNITA' MONTANA DEL PINEROLESE

PIANO REGOLATORE GENERALE INTERCOMUNALE

*VARIANTE STRUTTURALE DI ADEGUAMENTO AL P.A.I.
redatta ai sensi della L.R.. 1/2007*

SUB AREA: VAL GERMANASCA

COMUNE: PERRERO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

COMMITTENTE

MONITORAGGIO FRANA IN LOC. POMEIFRE'

Elaborato	Scala	
4.22	—	<i>Elaborazione indagini geologiche e geomorfologiche (luglio 2012):</i> Dott. Geol. Eugenio ZANELLA
CODICE: 13009-C21-0		<i>Elaborato conforme all'originale, non soggetto a modifica</i> <i>EDes Ingegneri Associati</i>
REVISIONE	DATA	 Dott. Geol. Mauro CASTELLETTO <i>Collaborazione:</i> Dott. Geol. Sara CASTAGNA
		<small>EDes Ingegneri Associati P.IVA 10759750010 Corso Peschiera 191, 10141 Torino Tel. +39 011.0262900 Fax. +39 011.0262902 www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu</small>

REGIONE PIEMONTE
COMUNITA' MONTANA
DEL PINEROLESE
Provincia di Torino

PIANO REGOLATORE GENERALE
INTERCOMUNALE

INDAGINI GEOMORFOLOGICHE
(Circolare P.G.R. n.7/LAP 8 maggio 1996)

COMUNE DI PERRERO

Monitoraggio frana in loc. Pomeifrè



luglio 2012

ZANELLA dr. geol. EUGENIO

Geologia tecnica - Idrogeologia - Pianificazione territoriale
10060 S.PIETRO VAL LEMINA - Via G. Ferraris 11 - Tel. e Fax 0121.315512

Vengono di seguito forniti i dati sul monitoraggio della parete rocciosa in località Pomeifrè gentilmente trasmessi dal Servizio Protezione Civile della Provincia di Torino.

Oltre ad una scheda di inquadramento dell'area e della strumentazione in opera, è stato fornito l'ultimo rapporto (dicembre 2005) sul monitoraggio topografico da cui risulta che i prismi sembrano essere stabili a meno di lievi variazioni stagionali della misura del valore della distanza.

Cons. 22/12/2005



CNR IRPI Torino
Reparto di Geomonitoraggio



Area Territorio Trasporti e Protezione Civile
Servizio di Protezione Civile

**CONVENZIONE TRA LA PROVINCIA DI TORINO
ED IL CNR-IRPI DI TORINO (DGP n.924-159764 del 9/062004)**

*"Consulenza tecnico-scientifica per il monitoraggio microsismico e geomeccanico in Val
Germanasca" (DGP n.1456-267880/2003 del 4/11/2003)*

TERZA RELAZIONE SEMESTRALE

Responsabile della ricerca per il CNR-IRPI

Ing. Giorgio Lollino

Collaboratori:

Ing. P. Allasia

Ing. M. Baldo

Dott. D. Giordan

Geom. F. Godone

P.I. E. Guglielmi

Ing. C. Rivarossa

INDICE

<i>INTRODUZIONE</i>	<i>pag. 3</i>
<i>1) Fenomeno franoso di Pomeifrè</i>	<i>pag. 4</i>
<i>1.1) Monitoraggio Topografico</i>	<i>pag. 4</i>
<i>1.2) Conclusioni e sviluppi futuri</i>	<i>pag. 6</i>
<i>2) Fenomeno franoso di Gardiola</i>	<i>pag. 6</i>
<i>2.1) Monitoraggio Topografico con stazione totale</i>	<i>pag. 6</i>
<i>2.2) Monitoraggio Topografico con estensimetri</i>	<i>pag. 14</i>
<i>2.3) Monitoraggio Geodetico GPS</i>	<i>pag. 17</i>
<i>2.4) Monitoraggio inclinometrico e piezometrico</i>	<i>pag. 23</i>
<i>2.5) Conclusioni e sviluppi futuri</i>	<i>pag. 28</i>
 <i>ALLEGATI GRAFICI</i>	 <i>pag. 32</i>
 <i>Misura della distanza e della temperatura da Aprile 2004 al 31 Agosto 2005 dei prismi fissi e mobili del sito di Pomeifrè</i>	 <i>pag. 33</i>
<i>Spostamento complessivo Δtotale dal 29 marzo 2004 al 31 agosto 2005 di tutti i prismi in corpo frana, dei Reference e della Stazione Totale</i>	<i>pag. 41</i>
<i>Spostamento complessivo ed in componenti dal 29 marzo 2004 al 31 agosto 2005 dei prismi 3, 5, 6, 15, 21, Est 3 e della Stazione Totale</i>	<i>pag. 49</i>
<i>Misure estensimetriche Est 1,2,3,4 da marzo 2004 31 agosto 2005</i>	<i>pag. 58</i>

INTRODUZIONE

La presente relazione fornisce un aggiornamento relativo alla gestione dei sistemi di monitoraggio sperimentali installati in Val Germanasca ai sensi della *Convenzione tra la Provincia di Torino ed il CNR-IRPI di Torino (DGP n.924-159764 del 9/062004)* e della *"Consulenza tecnico-scientifica per il monitoraggio microsismico e geomeccanico in Val Germanasca" (DGP n.1456-267880/2003 del 4/11/2003)*. Il monitoraggio in Val Germanasca attualmente si sviluppa su due siti caratterizzati da fenomeni di dissesto di diversa natura: il sito soggetto a crolli di Pomeifrè ed il fenomeno franoso in località Gardiola. Il sito di Pomeifrè è monitorato da una Stazione Totale robotizzata, mentre la rete microsismica ancora ivi presente non è più funzionante, come comunicato nelle precedenti relazioni. Il dissesto di Gardiola è attualmente monitorato utilizzando una stazione topografica robotizzata, una rete geodetica GPS ed una rete di estensimetri a filo.

1) FENOMENO FRANOSO DI POMEIFRÈ

1.1) MONITORAGGIO TOPOGRAFICO

Il sistema di monitoraggio topografico è costituito da una stazione totale robotizzata e dai relativi prismi riflettenti; esso ha garantito, nonostante alcuni limiti del software di gestione, buone prestazioni dal punto di vista della precisione e della ripetibilità delle misurazioni. Sono stati riscontrati alcuni inconvenienti di carattere tecnico legati all'applicativo di gestione della strumentazione che non hanno permesso di effettuare con continuità le misure nel periodo dal 24 gennaio al 14 aprile 2005. Tali problemi si riferiscono in particolar modo ad inconvenienti registrati nel post-processamento delle misure, soprattutto per quanto riguarda la misura di alcuni bersagli molto vicini tra di loro che vengono sporadicamente scambiati dalla stazione totale.

I dati misurati dalla stazione totale (Hz, V, Slope) sono stati elaborati e compensati sulla base dei parametri meteorologici (pressione e temperatura esterna) misurati dalla stazione meteo installata; Hz rappresenta la lettura al cerchio azimutale, V la misura al cerchio zenitale e Slope la distanza inclinata.

La *Fig.1* riporta le misure delle distanze corrette dalle oscillazioni di temperatura e pressione del prisma fisso F3 e di due prismi mobili M9 ed M12 (i grafici di tutti i prismi sono riportati in allegato).

Come si può osservare, le distanze misurate oscillano all'interno di 1 cm di tolleranza, i prismi risultano quindi essere stabili a meno di lievi variazioni stagionali della misura del valore della distanza.



Consiglio Nazionale delle
Ricerche



PROVINCIA
DI TORINO

ISTITUTO DI RICERCA PER LA PROTEZIONE
IDROGEOLOGICA - SEZIONE di TORINO

AREA TERRITORIO, TRASPORTI
E PROTEZIONE CIVILE

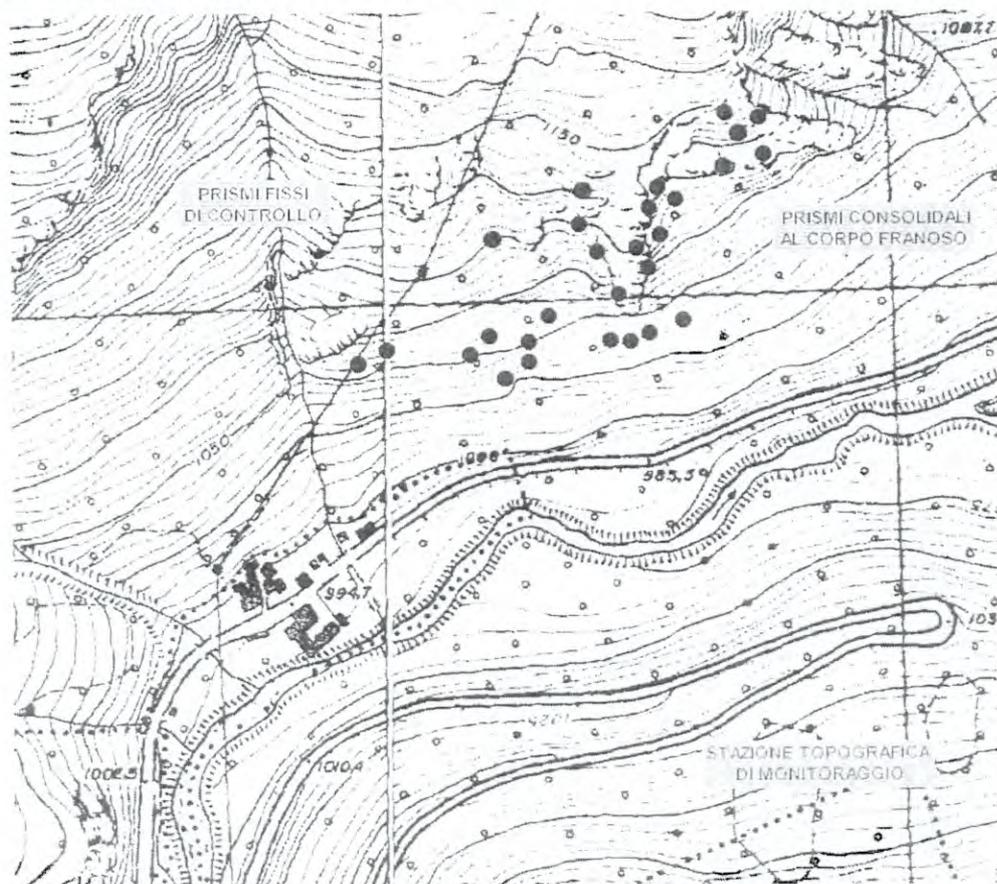
SCHEDA N.2

Località: POMEIFRE' (Valle Germanasca)

Comune: PERRERO

Tipo di fenomeno monitorato: Crolli di blocchi dal versante sinistro

Viabilità interessata: S.P. 169 - km 11+200



Strumentazione di proprietà della Provincia di Torino:

RETE TOPOGRAFICA COSTITUITA DA 4 PRISMI FISSI (ESTERNI AL CORPO FRANOSO) + 25 PRISMI CONSOLIDATI AL CORPO FRANOSO E DA UNA STAZIONE TOTALE SERVOASSISTITA CHE MISURA A CICLI CONTINUI LE COORDINATE DI PRISMI OTTICI FISSATI AI BLOCCHI PSEUDO-INSTABILI

Altra strumentazione installata:

SISTEMA DI MONITORAGGIO MICROSISMICO FINALIZZATO ALL'ANALISI DI SEGNALI DINAMICI CARATTERISTICI DELL'AREA DI STUDIO - RETE MICROSISMICA E' COMPOSTA DA 5 GEOFONI

Caratteristiche della frana:



NELL'AREA SI SONO VERIFICATI:

- UN CROLLO NEL 1996 DI UN BLOCCO DEL VOLUME DI 1000 m³ CHE INTERRUPPE LA STRADA PROVINCIALE
- LA PRESENZA DI UN ALTRO GRANDE BLOCCO SUL FONDOVALLE CHE DENUNCIAVA IL RIPETERSI DI CROLLI
- IL FREQUENTE RINVENIMENTO DI DETRITI SULLA CARREGGIATA

DAL RILIEVO GEOSTRUTTURALE È EMERSO CHE:

- IL VERSANTE È COSTITUITO PRINCIPALMENTE DA *MICASCISTI GNEISSICI* MOLTO DEFORMATI E FRATTURATI ANCHE PER LA VICINANZA DELL'AREA AD UNA ZONA DI CONTATTO TETTONICO.
- LA PRESENZA DI UNA FRATTURAZIONE PERVASIVA E DIFFUSA LEGATA ALLA RICORRENZA DI TRE FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ PRINCIPALE, DI ALTRE SECONDARIE E LA PRESENZA DI FRATTURE DALL'ORIENTAZIONE DISPERSA.

IN PARTICOLARE:

- AD OVEST LA PRESENZA DI BLOCCHI DI DIMENSIONI DI ALCUNI METRI CUBI ACCATASTATI IN MODO PRECARIO.
- LA PRESENZA DI DIVERSI BLOCCHI DI NOTEVOLI DIMENSIONI, RELITTI DI PIEGA ISOLATI
- ALLA BASE DELLO SPERONE E IMMEDIATAMENTE AD EST DELLA NICCHIA DI CROLLO DEL 1996, LASTRE DI ROCCIA POTENZIALMENTE INSTABILI PER RIBALTAMENTO

Vista di dettaglio:

SETTORE DI PARETE DA
CUI SI E' STACCATO IL
BLOCCO CROLLATO NEL
1996



NICCHIA DI DISTACCO DEL
BLOCCO CROLLATO NEL
1996



ALCUNI BLOCCHI
INDIVIDUATI NEL
SETTORE CENTRALE
DELLA PARETE
MONITORATA

Interventi realizzati o previsti:

L'ELEVATO RISCHIO CHE IL VERSANTE INSTABILE RAPPRESENTA PER LA SOTTOSTANTE CIRCOLAZIONE VIARIA, SUGGERISCE DI PRENDERE IN CONSIDERAZIONE, IN TEMPI BREVI, IDONEI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO NEL TRATTO DI INFRASTRUTTURA VIARIA INTERESSATO, QUALI:

- BONIFICA DEL VERSANTE DAGLI ELEMENTI LAPIDEI POTENZIALMENTE INSTABILI;
- INTERVENTI DI TIPO PASSIVO (BARRIERE PARAMASSI).
INTERVENTI DI TIPO ATTIVO (RETI DI RITENZIONE MASSI);

Caratteristiche tecniche della strumentazione:



SI È PROVVEDUTO AD INSTALLARE SU PILASTRINO IN ACCIAIO, VINCOLATO SU BASAMENTO IN CALCESTRUZZO, UNA STAZIONE TOTALE SERVOASSISTITA TOPCON AP-L1A, ALLOGGIATA IN UN ABITACOLO DI PROTEZIONE AUTONOMO E RISCALDATO.

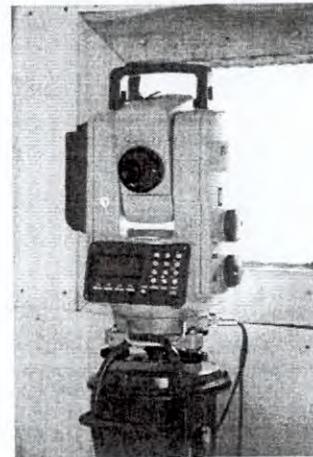
L'ALLACCIAMENTO ALLA LINEA TELEFONICA, FORNISCE UN COLLEGAMENTO PER IL CONTROLLO REMOTO DEI PARAMETRI DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

- L'ALIMENTAZIONE DEL SISTEMA E' FORNITA DALLA SOCIETA' "LUZENAC". UN GRUPPO DI CONTINUITÀ, INOLTRE, ASSICURA IL FUNZIONAMENTO IN CONDIZIONI DI INTERRUZIONE DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA, PER UN MASSIMO DI 2 ORE.

PARALLELAMENTE, LA WORKSTATION GESTISCE UNA CENTRALINA PER IL RILEVAMENTO DEI DATI METEO.

DISTANZIOMETRO:

PORTATA AUTOTRACCIAMENTO: 1000 m
PRECISIONE: ± 3 mm +2 PPM
PRECISIONE ANGOLARE: 2" /6cc / 0,6 mGON



Ubicazione della documentazione:

Presso il Servizio Protezione Civile della Provincia di Torino sono depositati in appositi quaderni dedicati alle attività di monitoraggio

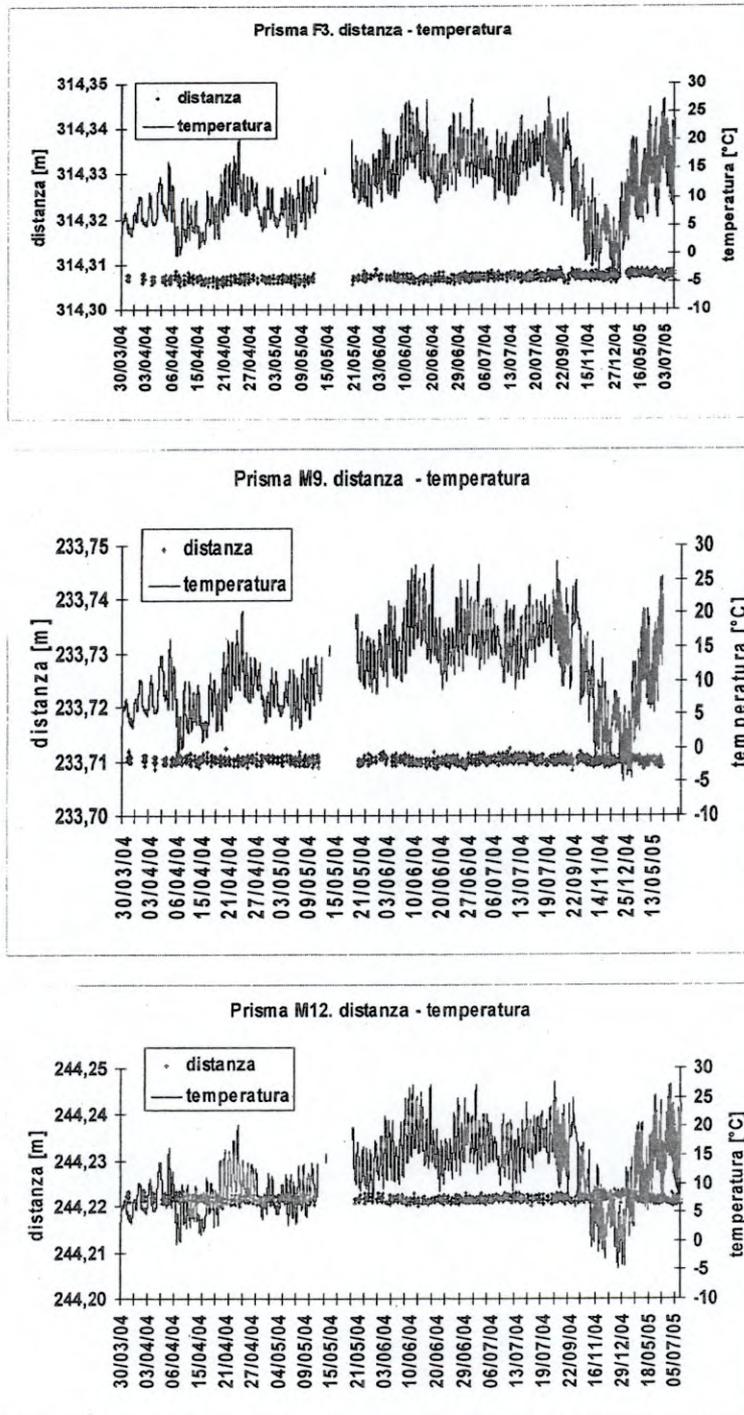


Fig. 1 - Andamento temperatura (rosso) e distanza (blu) dei prismi F3, M9 ed M12

1.2) CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il monitoraggio del versante soggetto a crolli di Pomeifrè presenta attualmente alcuni limiti più volte evidenziati circa le tecniche di misura e le apparecchiature utilizzate. La strumentazione topografica è caratterizzata da precisioni nominali non elevatissime che comunque vengono parzialmente migliorate in fase di post-processamento grazie all'integrazione con i dati di pressione e temperatura rilevati in tempo reale dalla adiacente stazione meteo. Tali operazioni attualmente non vengono effettuate in automatico dall'apparecchiatura ma manualmente a posteriori. Grazie ad un accordo con la ditta produttrice della stazione totale e del software di gestione, è in fase di ammodernamento l'applicativo di gestione della strumentazione, con l'obiettivo di risolvere una serie di problematiche riscontrate nella fase di acquisizione e di processamento del dato. Tali provvedimenti sono finalizzati alla completa automatizzazione dell'elaborazione dei dati ed allo sviluppo di procedure di allertamento automatizzate.

Per quanto riguarda il monitoraggio microsismico è opportuno ricordare che attualmente è ancora installata una rete di monitoraggio non più funzionante che, come già precedentemente comunicato, sarebbe opportuno disinstallare per effettuare le opportune valutazioni circa eventuali riparazioni e/o sostituzioni; a tal proposito si resta in attesa di un'autorizzazione della Provincia.

2) FENOMENO FRANOSO DI GARDIOLA

2.1) MONITORAGGIO TOPOGRAFICO CON STAZIONE TOTALE

Il sistema di monitoraggio topografico realizzato mediante stazione totale robotizzata e prismi riflettenti ha garantito, per tutto il periodo analizzato, ottime prestazioni dal punto di vista della precisione, dell'affidabilità e della ripetibilità delle misure.

I dati riportati in questa relazione interessano il periodo gennaio 2005 - settembre 2005.

Durante il 2005 le misure si sono susseguite con costanza, eccezion fatta per il periodo 21/09÷5/10, nel quale si è verificato un guasto all'elettronica dell'apparecchiatura. Il sistema di misura è stato rimosso e riparato con spese a carico del CNR IRPI presso il laboratorio *Leica* di Cornegliano Laudense; la reinstallazione è avvenuta il 6/10.

Al fine di garantire continuità di lettura e di interpretazione dei risultati, le misurazioni verranno riferite sia al 29 marzo 2004 (data di origine già adottata nel precedente aggiornamento) che al 1 gennaio 2005.

*CONVENZIONE TRA LA PROVINCIA DI TORINO
ED IL CNR-IRPI DI TORINO (DGP n.1825-62157 del 30/12/2008)*

“Prosecuzione dello studio finalizzato alla definizione di criteri, analisi e procedure per il controllo dei movimenti di versante (Val Germanasca) da attuarsi mediante nuovi sistemi sperimentali tecnologicamente avanzati”

RELAZIONE FINALE

Responsabile della ricerca per il CNR-IRPI

*Ing. **Giorgio Lollino***

Collaboratori:

Ing. P. Allasia

Ing. M. Baldo

Dott. D. Giordan

Geom. F. Godone

INDICE

<i>INTRODUZIONE</i>	<i>pag. 3</i>
<i>1) Fenomeno franoso di Gardiola</i>	<i>pag. 3</i>
2.1) <i>Descrizione dell'evoluzione del fenomeno nel periodo analizzato</i>	<i>pag. 4</i>
2.2) <i>Analisi delle attività svolte ed in corso</i>	<i>pag. 11</i>
<i>2) Fenomeno franoso di Pomeifrè</i>	<i>pag. 14</i>
2.1) <i>Monitoraggio di superficie mediante stazione totale</i>	<i>pag. 14</i>
2.2) <i>Monitoraggio di superficie mediante IDMS</i>	<i>pag. 15</i>
2.3) <i>Conclusioni e sviluppi futuri</i>	<i>pag. 24</i>
<i>3) Studio di fattibilità per la realizzazione di un presidio mobile finalizzato alla messa in opera di attività di monitoraggio del dissesto idrogeologico in condizioni di emergenza</i>	<i>pag. 26</i>
3.1) <i>tabella riassuntiva dei costi</i>	<i>pag. 30</i>
<i>4) Allegati</i>	<i>pag. 31</i>

- la possibilità che il fenomeno attualmente più attivo possa avere un'evoluzione retrogressiva.

Per raggiungere tali obiettivi sono già state intraprese una serie di attività che verranno terminate non appena la zona sarà sgombera da neve; in particolare saranno riposizionati una serie di prismi nel settore sommitale del fenomeno franoso di sinistra e verranno riposizionati gli estensimetri alla luce dei dati di monitoraggio nelle zone maggiormente sensibili.

Per quanto riguarda poi il settore più attivo si procederà, di comune accordo con il servizio di Protezione Civile della Provincia di Torino al ricollocamento del sistema IDMS (descritto in dettaglio nei capitoli successivi), attualmente operativo presso il sito di Pomeifrè.

Questo sistema, date le sue peculiarità, dovrebbe essere in grado di monitorare anche un settore soggetto a profonde e frequenti modificazioni come quello attualmente più attivo.

2) FENOMENO FRANOSO DI POMEIFRÈ

Il settore di Pomeifrè rappresenta uno dei tratti della media Val Germanasca noto ormai da tempo per la sua propensione al distacco di blocchi rocciosi anche di grandi dimensioni. Tale propensione è sicuramente da riferirsi alla presenza di una elevata energia di rilievo e ad un substrato roccioso affiorante caratterizzato da un intenso, diffuso e pervasivo grado di fatturazione.

In questi contesti è estremamente difficile operare sia mediante attività di monitoraggio che attraverso la realizzazione di sistemi di difesa attivi o passivi, in quanto una percentuale di rischio residuo difficilmente stimabile permane comunque. Ovviamente esistono delle soluzioni che risolvono in maniera definitiva il problema attraverso interventi strutturali imponenti (come per esempio una galleria parietale), che tuttavia sono estremamente poco sostenibili a causa dei costi estremamente elevati.

Il settore oggetto di monitoraggio è comunque ben conosciuto e seguito da parte delle Istituzioni competenti, come testimoniato dai numerosi interventi, sia attivi che passivi, realizzati soprattutto ad opera del Settore Viabilità della Provincia di Torino.

Per quanto riguarda la presente Convenzione, il settore di Pomeifrè è oggetto di un monitoraggio mediante stazione totale alla quale è stato abbinato, per un periodo di test e sviluppo, anche il sistema IDMS.

2.1) MONITORAGGIO DI SUPERFICIE CON STAZIONE TOTALE

Il sistema di monitoraggio topografico costituito da una stazione totale robotizzata e dai relativi prismi riflettenti ha garantito, nonostante i conosciuti e più volte descritti limiti del software di

gestione, buone prestazioni dal punto di vista della precisione e della ripetibilità delle misurazioni. Come già accaduto in prede cedenza, sono stati riscontrati alcuni inconvenienti di carattere tecnico legati all'applicativo che non hanno permesso di effettuare con continuità le misure in alcuni periodi. Le variazioni di coordinate misurate oscillano di ± 1 cm e pertanto i prismi risultano stabili a meno di lievi variazioni stagionali dipendenti principalmente della misura della distanza.

2.2) *MONITORAGGIO DI SUPERFICIE MEDIANTE IDMS*

Nell'ambito delle attività di monitoraggio da svolgersi con sistemi sperimentali ad alta tecnologia, in accordo con il Servizio di Protezione Civile della Provincia di Torino, è stato installato una innovativa apparecchiatura per il monitoraggio dei movimenti di superficie sviluppata a brevettata dal CNR IRPI di Torino. Il presente paragrafo riprende quanto già illustrato nella relazione di aggiornamento semestrale e ne costituisce un aggiornamento. Il sistema messo a punto è stato sviluppato per superare una delle principali limitazioni legate all'utilizzo di riflettori artificiali. Le esperienze condotte con le stazioni totali hanno infatti evidenziato come la presenza di tali elementi possa creare problemi di continuità di monitoraggio, di costi di gestione e manutenzione. Infatti, salvo alcuni rari casi, in presenza di fenomeni di dissesto caratterizzati da variazioni morfologiche significative non è possibile seguire l'evoluzione del fenomeno proprio perché i bersagli non sono più collimabili a causa di disallineamenti o di rottura del riflettore. Considerazioni analoghe possono essere effettuate per le aree di cantiere o di estrazione mineraria (open pit), in quanto la progressione delle lavorazioni spesso non è compatibile con la presenza continuativa dei bersagli sia per il rischio di rottura sia perché possono risultare un vero e proprio intralcio per il cantiere. Per quanto concerne i costi di gestione e manutenzione è evidente che per garantire un monitoraggio estensivo il numero di riflettori deve essere necessariamente elevato con conseguente aggravio dei prezzi anche per la necessaria manutenzione.

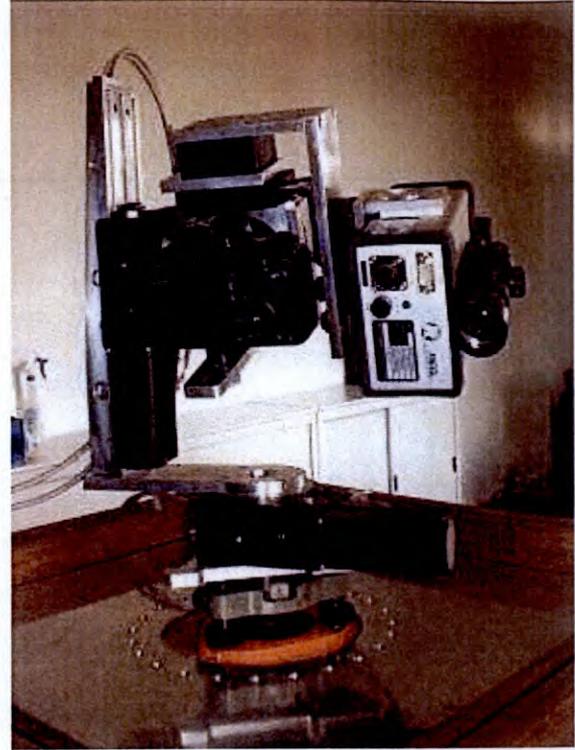
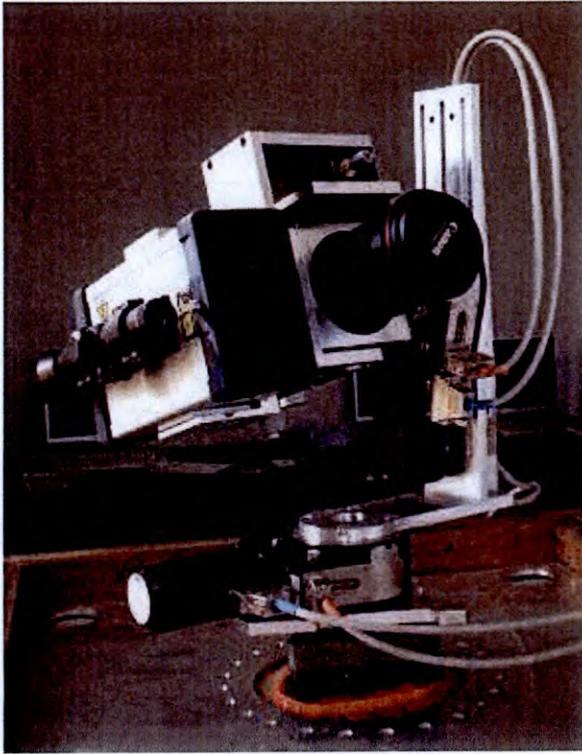


Fig. 10 - Vista anteriore e posteriore del prototipo dell'IDMS presso il CNR IRPI di Torino



Fig. 11 - Vista d'insieme dell'IDMS e della stazione totale Topcon



Fig. 12 - Vista del PC per gestione dell'IDMS e del vecchio PC per la gestione delle stazioni totali (ancora temporaneamente utilizzato)

L'IDMS, concepito proprio per superare tali problematiche, consente di realizzare un monitoraggio dei movimenti di superficie senza l'utilizzo di bersagli artificiali. Il sistema, basato sull'elaborazione di immagini riprese da una macchina fotografica digitale, permette misurazioni senza bersagli artificiali analizzando una serie di punti caratteristici dell'immagine individuati su acquisizioni digitali riprese in istanti diversi. Lo spostamento misurato sull'immagine è riconducibile allo spostamento reale in un piano parallelo al sensore immagine se si conoscono le caratteristiche del sistema di ripresa (calibrazione) e la sua distanza dalla regione osservata, mediante la formula $M = s \cdot D/f$, dove D è la distanza del punto da misurare ed f è la lunghezza focale dell'obiettivo della fotocamera.

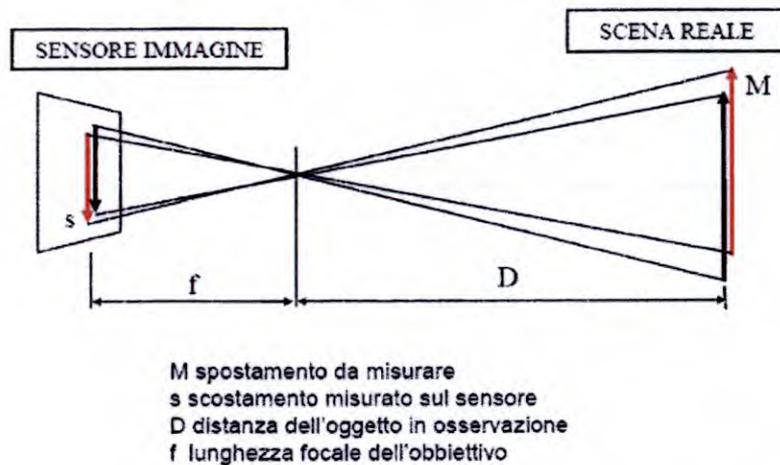


Fig. 13 - Schema del principio di misurazione

Dalla suddetta formula si deduce che la misura sarà tanto più precisa quanto più piccole saranno le dimensioni del pixel e quanto più grande sarà la lunghezza focale. Estremamente importante per migliorare le prestazioni del sistema è la possibilità di misurare gli spostamenti tra le immagini con risoluzioni inferiori al pixel. Lo spostamento viene misurato nelle sue componenti secondo gli assi x e y che si sviluppano nel piano immagine. Durante lo sviluppo sono stati testati diversi algoritmi per effettuare la misura di eventuali spostamenti. L'algoritmo che ha fornito le migliori prestazioni è basato sull'analisi della correlazione esistente tra le fasi della trasformata di Fourier delle due immagini da confrontare. La correlazione di fase è, infatti, un approccio veloce per stimare traslazioni di un'immagine o misurare spostamenti tra immagini simili (De Castro, Morandi, 1973). Poiché nel nostro caso si deve operare per tempi di misura anche relativamente lunghi (funzione del numero di settori scelti), per ridurre eventuali inconvenienti dovuti a differenti condizioni di ripresa (differenti luminosità dovute alla rotazione della terra o alle differenti condizioni meteorologiche) si è provveduto a filtrare le due immagini con il filtro di Sobel (Sobel, Feldman, 1973), in grado di evidenziare le variazioni di luminosità dovute alla struttura degli oggetti ripresi (immagini di gradiente) trascurando gli effetti dovuti alla luminosità media dell'intera immagine. Il programma di elaborazione è stato articolato in due fasi. Nella prima, in cui si procede alla scelta dei settori più rappresentativi del fenomeno che si intende indagare, per ogni area di interesse vengono memorizzate le immagini (immagini di riferimento), l'orientamento del sensore, nonché la trasformata di Fourier della relativa immagine di gradiente. La seconda fase è la fase di misura vera e propria, durante la quale il sensore di misura viene riposizionato esattamente in corrispondenza delle immagini di riferimento, viene ripresa una nuova immagine, che sarà filtrata anch'essa con Sobel e della quale si calcola la trasformata di Fourier. Dalla correlazione tra questa trasformata e

quella dell'immagine di riferimento si valutano gli eventuali spostamenti (De Castro, Morandi, 1973). Tali spostamenti, misurati nel piano immagine, possono essere ridotti ad un piano verticale mediante l'utilizzo dell'angolo di inclinazione della movimentazione verticale. Il sistema è stato organizzato in modo da effettuare l'analisi su una serie di sottoscene (da 1 a 10 attualmente) in modo da ottimizzare l'analisi in termini di distribuzione spaziale e di rappresentatività dei risultati. Le sottoimmagini, individuate in fase di setup o a seguito di movimenti elevati, sono di forma quadrata con lato variabile da 32 sino a 512 pixel. Tali valori, totalmente personalizzabili, sono stati scelti per ragioni computazionali legati al calcolo della trasformata di Fourier (FFTW). La scelta di più sottoimmagini consente inoltre di valutare eventuali rotazioni della scena che possono rivelarsi particolarmente utili nel campo del monitoraggio di manufatti e cantieri in genere

Per quanto riguarda invece le modalità operative del monitoraggio, il ciclo tipo prevede la collimazione di uno o più settori di riferimento individuati in aree stabili per poi proseguire in successione con la collimazione dei vari settori scelti. Tale approccio è stato seguito per consentire di minimizzare l'influenza delle variazioni dei parametri atmosferici (temperatura, pressione etc...) che possono diminuire la precisione complessiva del risultato. Dal punto di vista delle tecniche implementate nel sistema di gestione dell'apparecchiatura, l'esperienza pluriennale con sistemi di misura automatici ha consentito di organizzare il software di gestione in modo da garantire la massima continuità di misurazione. Per quanto concerne le attività di misura nel sito di Pomeifrè, il sistema è stato configurato per effettuare misurazioni a partire dalle prime luci del mattino sino a notte inoltrata. La prima fase ha comportato un necessario periodo di messa a punto dell'intera apparecchiatura, soprattutto dal punto di vista software. Tali attività, tutt'ora in corso, hanno principalmente riguardato il miglioramento della sequenza di operazioni relative alla gestione delle apparecchiature e di analisi delle immagini.

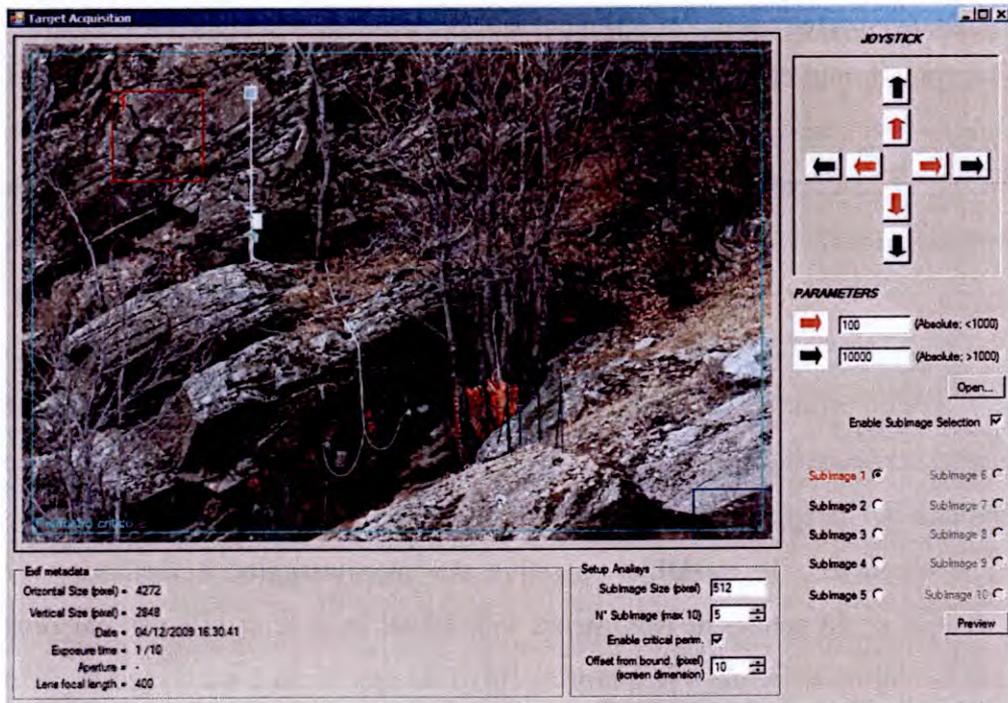


Fig. 14 - Immagine in prossimità del settore strumentato con estensimetro a filo

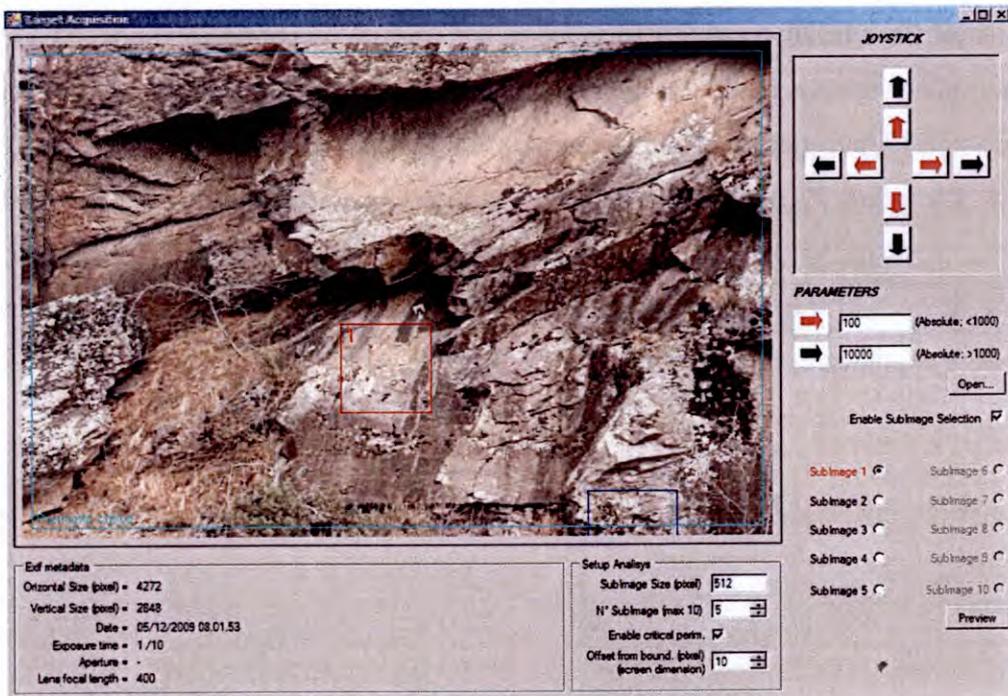


Fig. 15 - Immagine in prossimità del prisma F1

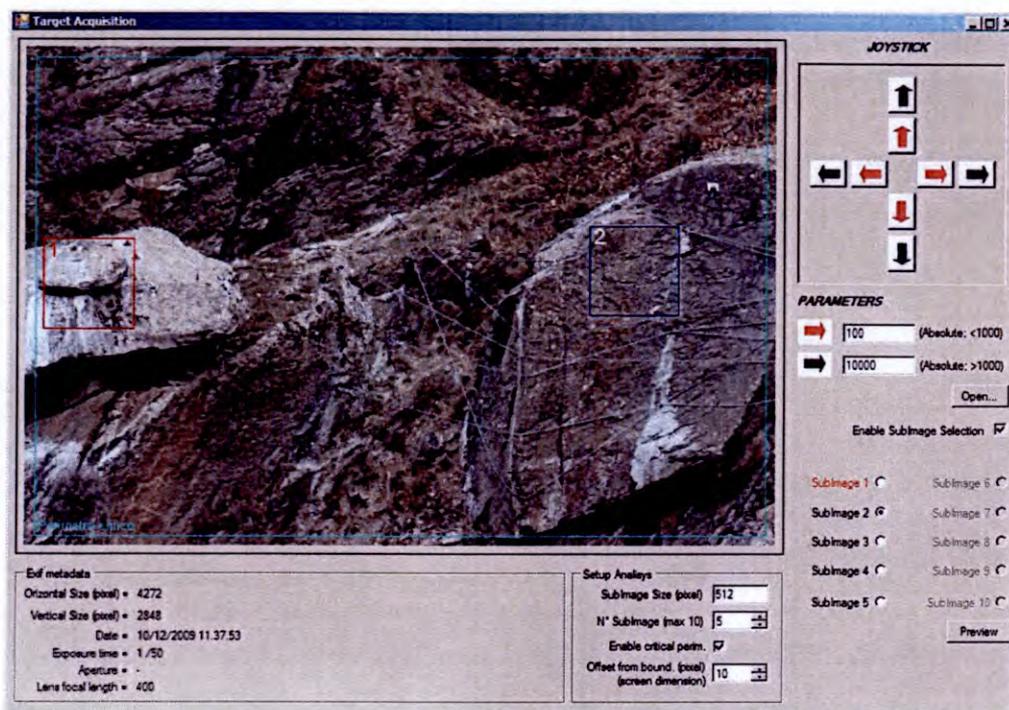


Fig. 16 - Immagine in prossimità dei prisma M4 ed M3 rispettivamente a sinistra e destra

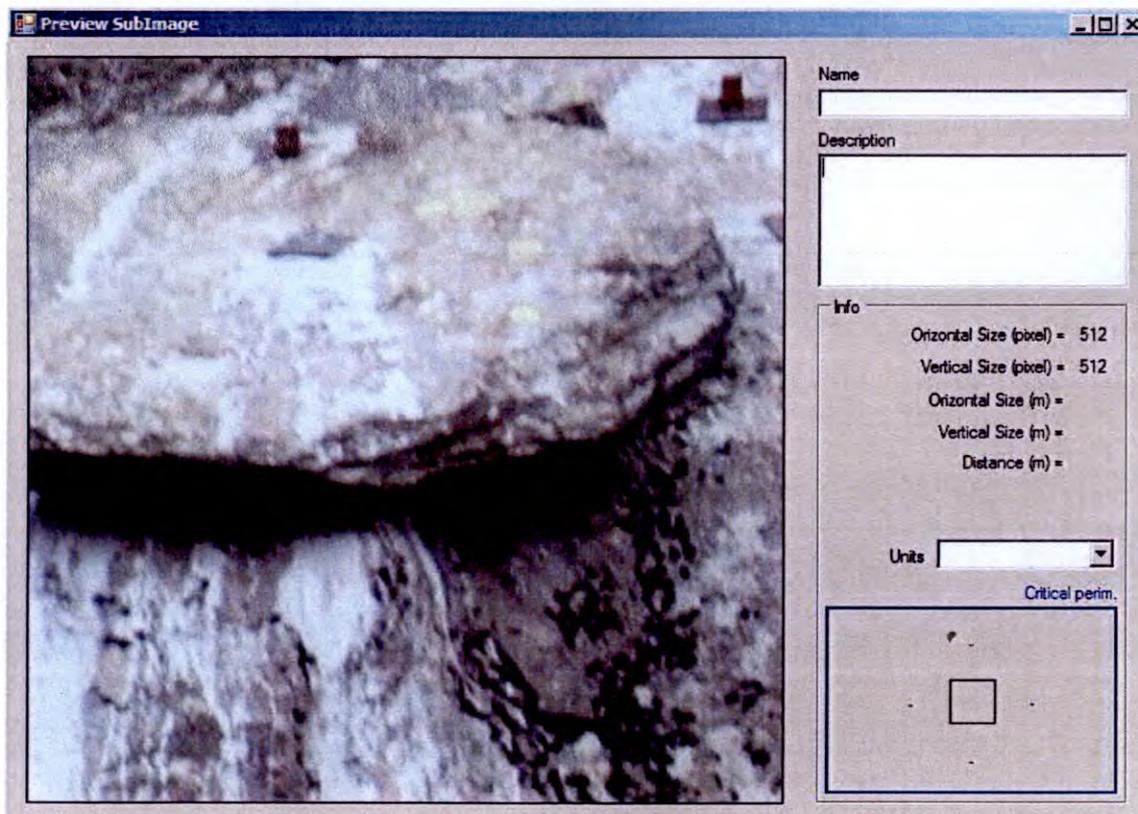


Fig. 17 - Immagine ad ingrandimento reale del settore analizzato in Fig.16

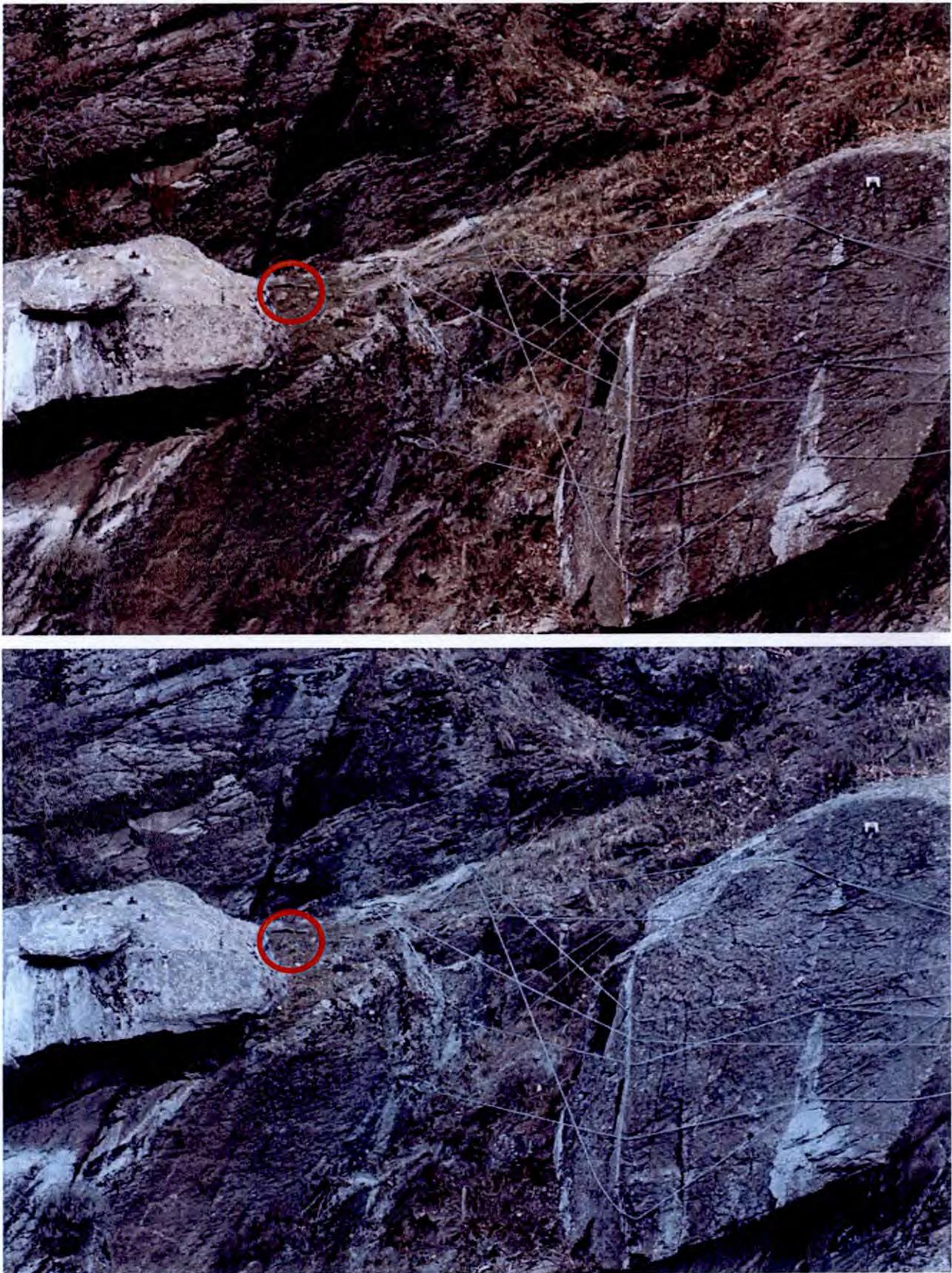
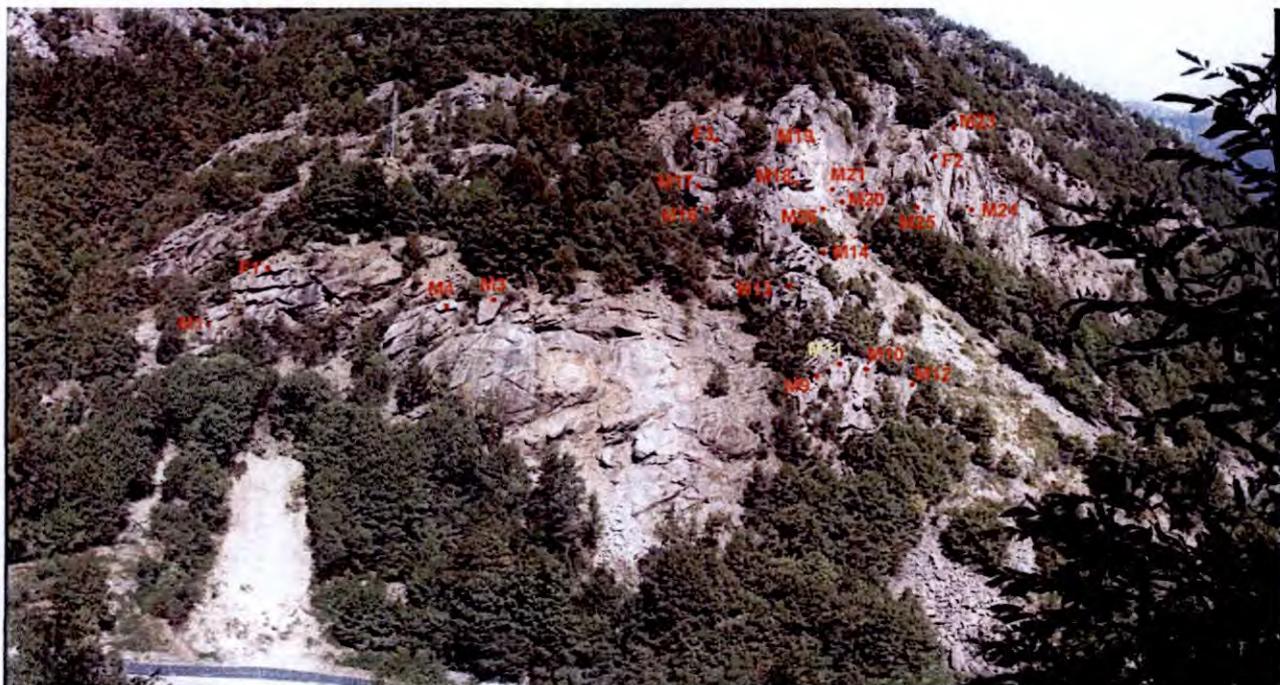


Fig. 18 - Particolare del settore analizzato N.7. Il cerchio rosso indica la presenza di un piccolo masso alle ore 16.38 del 7/12/2009 non più ritrovabile nell'immagine successiva delle 17.08 del 7/12/2009

Il sistema di monitoraggio installato, sebbene di carattere sperimentale, ha immediatamente mostrato le potenzialità consentendo di osservare anche minime variazioni dei settori indagati.

Per garantire una corretta validazione dei risultati dell'IDMS, sono stati monitorati una serie di settori del versante prossimi ai prismi topografici.



*Fig. 19 - Panoramica del versante di Pomeifrè monitorato mediante IDMS e stazione totale.
Per semplicità di interpretazione sono indicati i punti in cui sono installati i prismi*

Per quanto concerne i movimenti dei settori monitorati, non sono sin ora stati osservati movimenti significativi. Ciononostante, l'elevata versatilità del sistema ha comunque consentito di apprezzare anche variazioni minime che comunque non hanno prodotto criticità significative. In particolare, in figura 18 è possibile osservare la scomparsa di un piccolo masso di dimensioni centimetriche tra le 16.38 e le 17.08 del 7 dicembre 2009. Tale osservazione, sebbene poco interessante dal punto di vista dei movimenti del versante osservato denotano come il sistema sia in grado di apprezzare variazioni della scena anche di limitata entità. Al fine di illustrare i risultati ottenuti con l'ID verranno in allegato illustrate 3 immagini per ciascun dei 20 settori monitorati relativi ai periodi di dicembre, gennaio e primi giorni di febbraio.

Torino, 5 marzo 2010

Ing. Giorgio Lollino