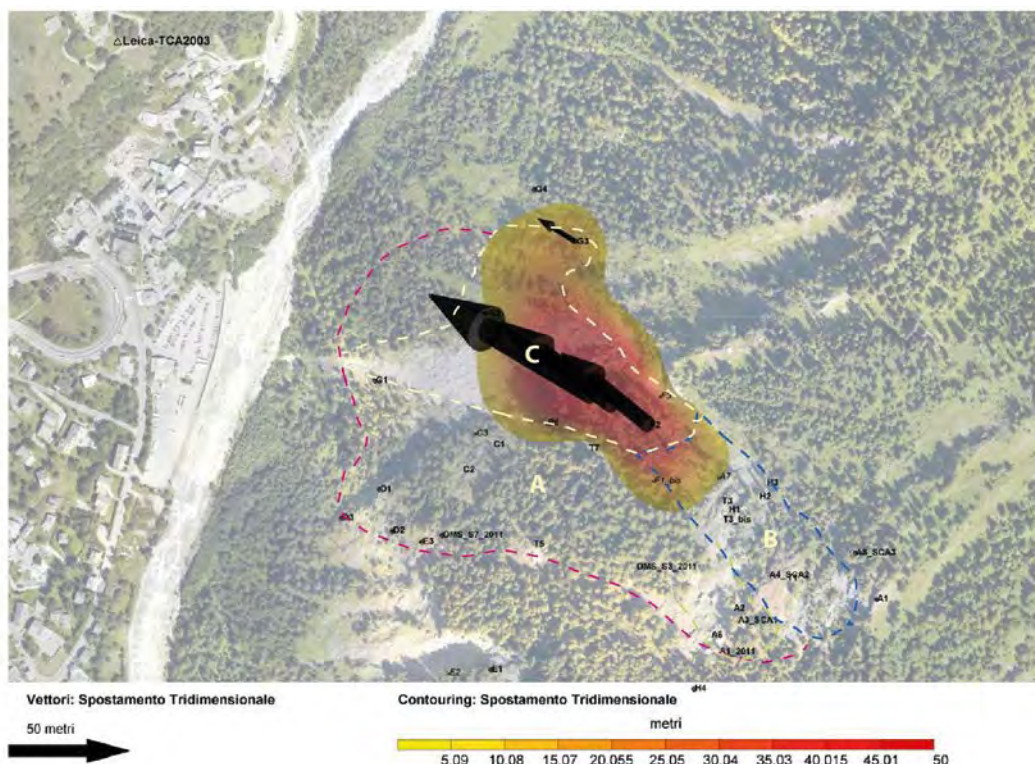


BOLLETTINO DI ANALISI TRIMESTRALE DELLA RETE DI MONITORAGGIO DEL MONT DE LA SAXE

Periodo analizzato: 1/4/2014 – 30/6/2014



	Stato di allerta massimo registrato			Spostamento cumulato max (LOS) negli ultimi tre mesi e codice identificativo del prisma [cm/trimestre]	Velocità massima (LOS) registrata e codice identificativo del prisma [mm/ora su 24H]	Spostamenti in profondità [mm]
	4/14	5/14	6/14			
Dominio C	A	A	A	6408 → prisma T8	600 → prisma T8	ND
Dominio B	N	N	N	100 → prisma H2	0.89 → prisma H2	ND
Dominio A	N	N	N	31 → prisma T1	0.27 → prisma T1	DMS_S7 (prof 84m)

legenda	N Settore con valori di spostamento inferiori alla soglia di preallarme	P Settore in cui almeno un punto ha superato almeno una volta durante il mese il limite di preallarme	A Settore in cui almeno un punto ha superato almeno una volta durante il mese il limite di allarme
---------	--	--	---

NOTE: il presente bollettino costituisce un report sintetico del secondo trimestre 2014. Il trimestre è stato caratterizzato da una successione di eventi molto importanti che hanno portato ad un livello di emergenza mai raggiunto sino ad ora, con un'accelerazione del settore C che ha di fatto radicalmente modificato l'aspetto di tale dominio cinematico. Qui di seguito verranno riportati i dati di monitoraggio disponibili. Per una questione di uniformità delle comunicazioni, i domini cinematici del presente bollettino sono stati uniformati a quelli definiti nei bollettini del Servizio Geologico della Regione Autonoma Valle d'Aosta.

1. PREMESSA

Nell'ambito della convenzione in essere tra la Struttura Commissariale e il CNR IRPI, il Geohazard Monitoring Group ha il compito di redigere trimestralmente un bollettino di aggiornamento che illustri e commenti sinteticamente l'evoluzione della Frana del Mont de La Saxe attraverso l'analisi dei dati della complessa rete di monitoraggio installata. Tale compito si dimostra in questo caso quanto mai arduo a causa delle variazioni occorse in particolar modo al "settore C" del complesso fenomeno franoso nel periodo considerato. I tassi di movimento raggiunti hanno di gran lunga superato quelli sino ad ora registrati ed anche dal punto di vista morfologico, le variazioni risultano essere estremamente evidenti. Data l'eccezionalità dell'evento, il presente bollettino verrà rilasciato in una forma estesa che prenda in considerazione anche una serie aggiuntiva di fonti di dati.

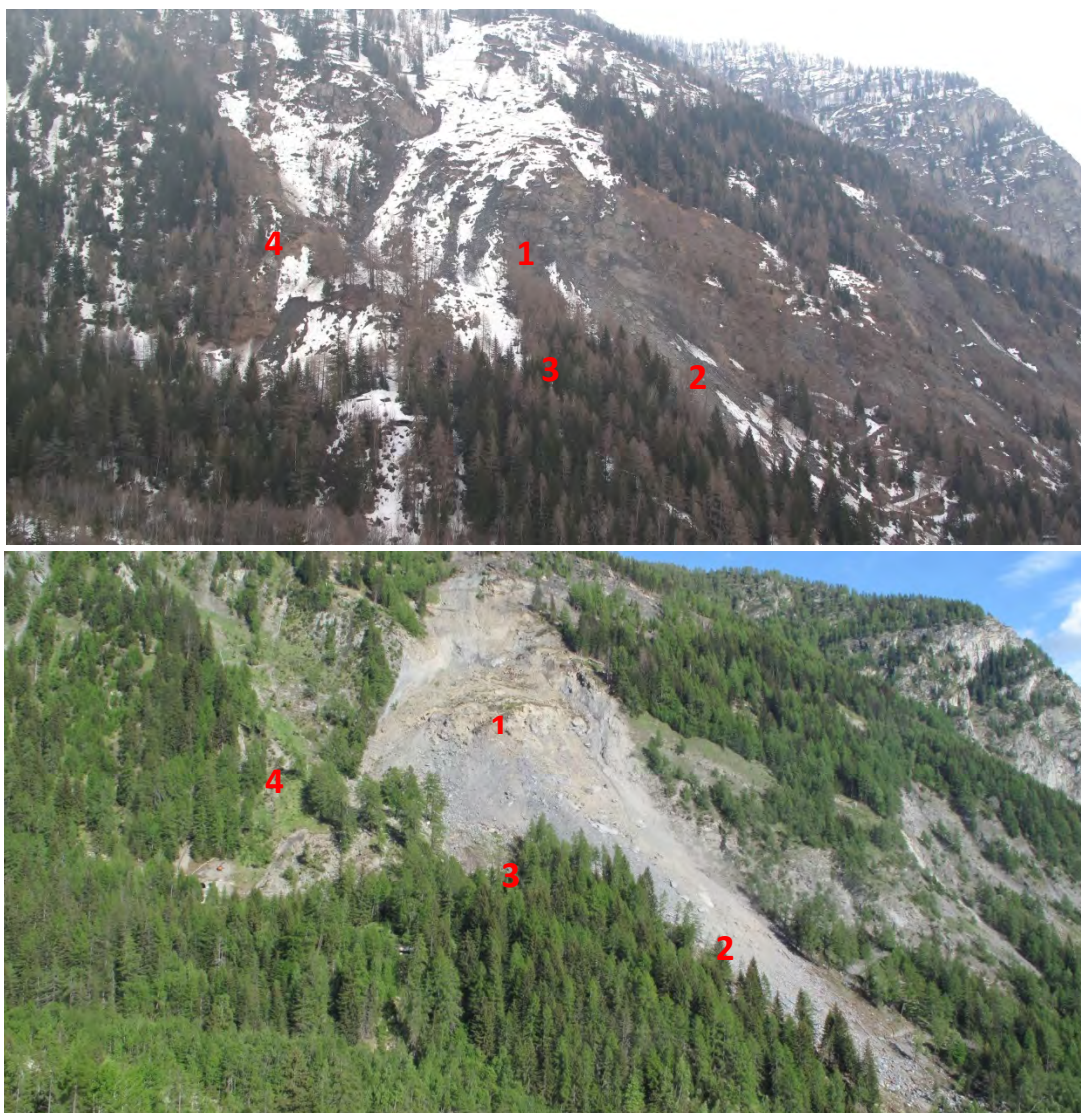


Figura 1.1. Visione frontale del fenomeno franoso del 4/4/14 (in alto) e del 31/5/14 (in basso). Nelle figure sono indicativamente riportate le posizioni di una serie di elementi morfologici che saranno frequentemente richiamati nel testo: 1) parete frontale del dominio cinematico C; 2) Cono detritico sul lato sinistro del dominio C, causato dai crolli occorsi nel trimestre analizzato; 3) settore presente immediatamente a valle della parete frontale che ha fatto registrare variazioni morfologiche significative nel periodo considerato (areale nell'intorno del prisma G2); 4) fenomeno franoso laterale rispetto al fianco destro del dominio cinematico C (prisma di riferimento: G3).

2. DATI METEOROLOGICI

I dati meteorologici presentati riguardano al momento esclusivamente le precipitazioni registrate dal pluviometro non riscaldato installato in corpo frana. I dati del secondo trimestre 2014 sono quindi da considerarsi con estrema attenzione in quanto rappresentano una registrazione combinata dell'effetto della fusione del manto nevoso accumulato sul pluviometro e delle precipitazioni a carattere piovoso del periodo.

Il periodo considerato è comunque stato caratterizzato da una progressiva fusione del manto nevoso che ha ridotto significativamente la sua copertura in corpo frana nei primi 15 giorni del mese di aprile. Nella parte alta della cresta del Mont de La Saxe, il manto nevoso si è andato progressivamente riducendo, ma ancora a metà maggio erano presenti discontinui accumuli all'esterno del corpo di frana. La fusione del manto nevoso è un parametro estremamente importante in quanto storicamente la frana ha sempre evidenziato una forte sensibilità a tale processo. Da segnalare una serie di deboli nevicate il 19 aprile e del 12 maggio. Per brevità, nel presente report non verranno presentati dati relativi ad altre stazioni meteorologiche della rete gestita dal centro Funzionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta

N.B. Il dato può risultare falsato nel periodo autunnale/invernale in quanto la stazione meteorologica in corpo frana non registra l'altezza del manto nevoso.

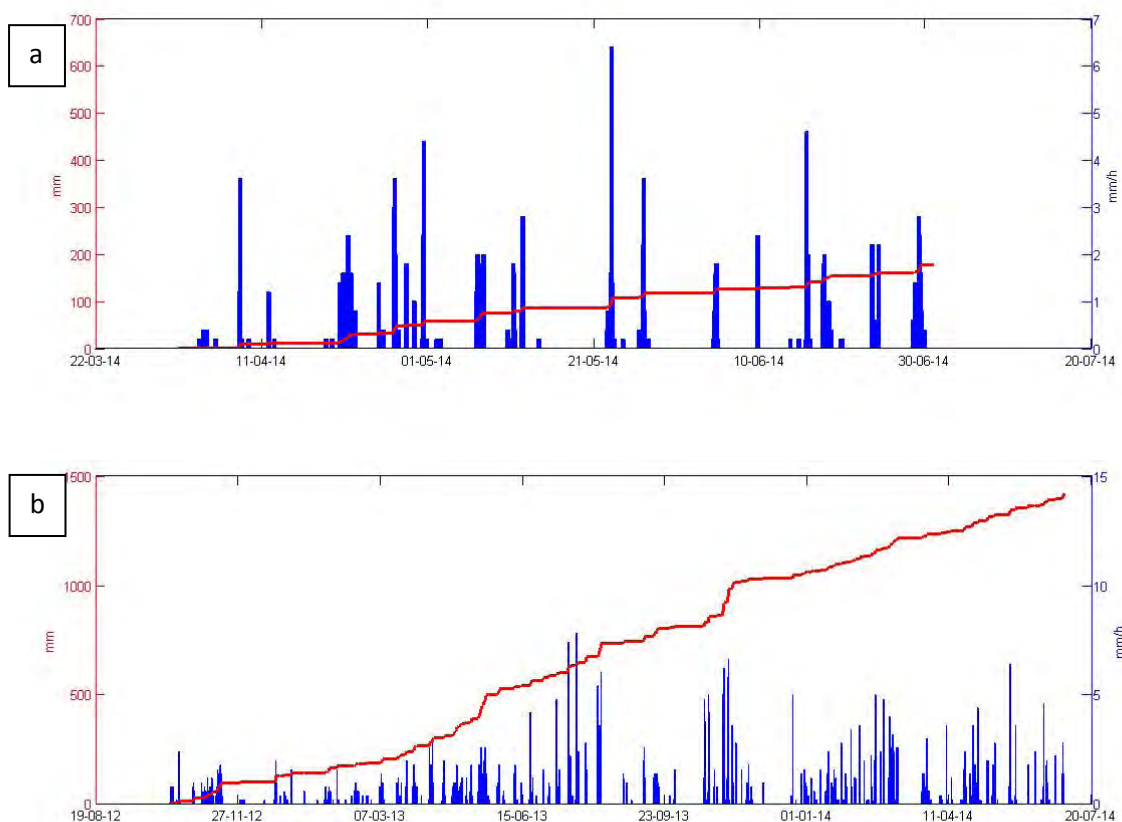


Figura 2.1 Dati pluviometrici. Precipitazioni orarie (blu) e cumulate (rosso). (a) Dati relativi al trimestre 01/4 - 30/6/2014. (b) Dati relativi al periodo 1/10/2012 – 30/6/2014.

3. STAZIONE TOTALE/GPS

I dati della stazione totale costituiscono da sempre uno dei fondamenti della rete di monitoraggio. Il sistema è stato messo duramente alla prova dai movimenti occorsi al settore C del fenomeno franoso. Nei grafici qui di seguito presentati appare evidente come i punti B4, T8 e F2 siano rappresentativi del settore caratterizzato da spostamenti più ingenti, che hanno superato i 60 metri nel caso del B4 e i 50 nel caso del F2. Particolare molto importante è la continuità di lettura. Per poter essere misurati anche durante il periodo invernale, i prismi sono stati montati in cima a pali alti 2-3 m adeguatamente controventati. Considerati gli elevati movimenti osservati e il limitato cono visuale dei prismi ($30\div 40^\circ$), se i movimenti fossero stati caratterizzati da significative componenti rotazionali l'angolo massimo di vista oltre il quale il prisma smette di essere letto sarebbe stato raggiunto in fretta. Il fatto che, malgrado questi ingenti movimenti, i pali siano ancora subverticali è indice del fatto che, almeno nei settori di installazione degli stessi, non si sono verificate delle componenti rotazionali importanti, ma il movimento ha avuto una componente traslativa predominante.

Oltre all'entità dello spostamento, i prismi hanno anche permesso di certificare con estrema precisione le velocità di spostamento della massa instabile, che hanno raggiunto nel caso del punto T8 i 60 cm/ora il 12/4/2014. Il punto T8 è stato inoltre ricollocato il 5/5/14, in quanto dal 20/4/14 non risultava più collimabile. Per una questione di leggibilità del dato, i diversi grafici vengono presentati sia completi del settore C che relativi esclusivamente ai settori A e B. Questo secondo gruppo consente di apprezzare i trend di movimento e le differenze di comportamento tra il settore B (con tassi di spostamento cumulati compresi tra 100 e 64 cm) e A, con tassi di spostamento trimestrale cumulato massimo pari a circa 35 cm. Come si vedrà anche nei capitoli successivi, uno dei temi più importanti che meritano un approfondimento riguarda i cinematismi che hanno caratterizzato l'evoluzione della parete frontale. La stazione totale non è lo strumento più indicato per offrire una visione completa ed esaustiva di questo aspetto specifico, in quanto in tale area non sono presenti prismi per oggettivi problemi di pericolosità del sito e delle relative limitazioni di accesso. Molto importanti sono comunque i dati relativi ai punti G3 e G2; tali bersagli sono stati installati proprio per indagare le dinamiche che caratterizzano la parte bassa del versante (aree 3 e 4 di fig. 1.1). Il punto G3 è stato installato in un'area interessata da un fenomeno franoso di limitate dimensioni posto a lato del corpo di frana principale. Più controversa l'interpretazione del punto G2, installato sulla falda di detrito alla base del versante. Sebbene con entità di spostamento inferiore, i punti G2 e G3 hanno fatto registrare modalità di deformazione simile a quelle registrate dal dominio C e per tale motivo sono stati assimilati a tale dominio. Prima che il prisma G2 venisse distrutto dai crolli, ha comunque consentito di misurare le prime fasi di accelerazione del mese di aprile; il grafico 3.6 riporta l'angolo di inclinazione (rispetto all'orizzontale) del vettore di spostamento tridimensionale dei punti T8 e G2. Il grafico evidenzia come i punti del dominio C abbiano fatto registrare inclinazioni dell'ordine dei $40 - 45^\circ$, mentre il G2 ha sempre fatto registrare componenti di movimento sub-orizzontali, con un'inclinazione di circa 12° .

Oltre allo studio delle dinamiche del dominio C sono stati analizzati anche i dati del dominio A, ovvero del settore caratterizzato da volumetrie maggiori. Al fine di valutarne l'andamento, la figura 3.7 mostra un confronto tra il periodo aprile-maggio 2014 e ed il medesimo periodo del 2013. Come si evince dalla fig.

3.7, per il dominio A i dati evidenziano valori di spostamento più bassi nel 2014 rispetto al 2013. Un'individuazione univoca delle cause di tale diminuzione è difficile da definire, certamente la minor quantità di neve al suolo ma, soprattutto, l'effetto dei dreni possono essere considerate tra gli elementi più accreditati per spiegare tale diminuzione.

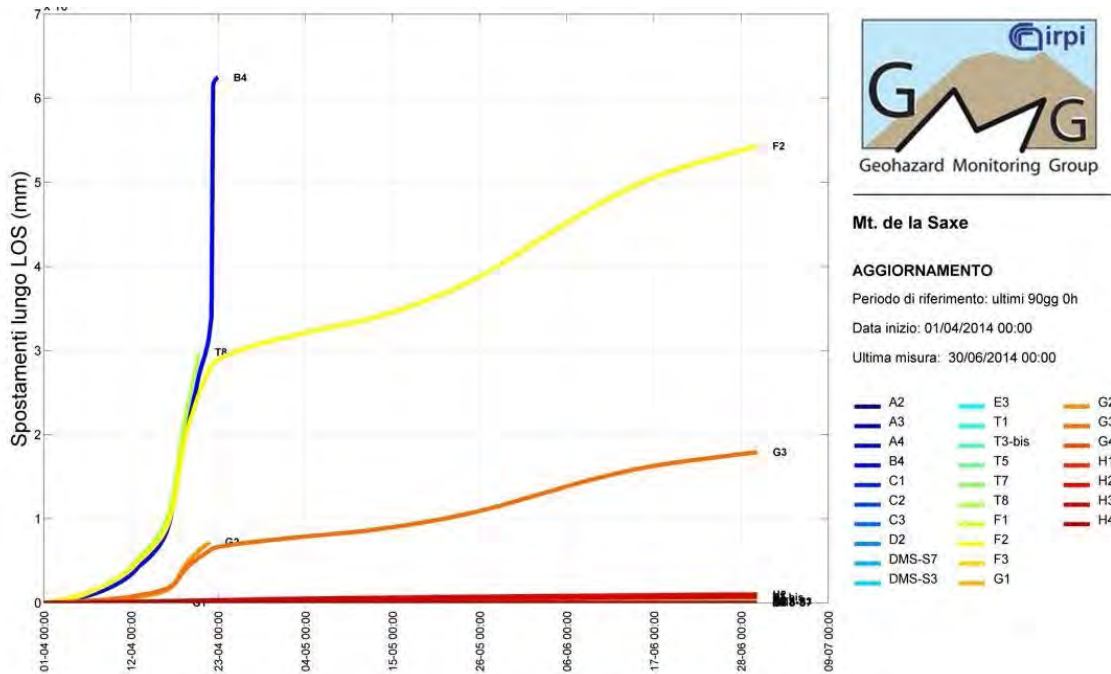


Figura 3.1 grafico complessivo dei prismi della rete di monitoraggio nel periodo 1/4/2014 – 30/6/2014. Il grafico evidenzia come i punti T8-F2-B4-G3 e G2 abbiano totalizzato nel periodo considerato spostamenti cumulati lungo LOS compresi tra i 10 e i 63 m. Ovviamente lo spostamento degli altri punti risulta poco apprezzabile a causa della scala di rappresentazione.

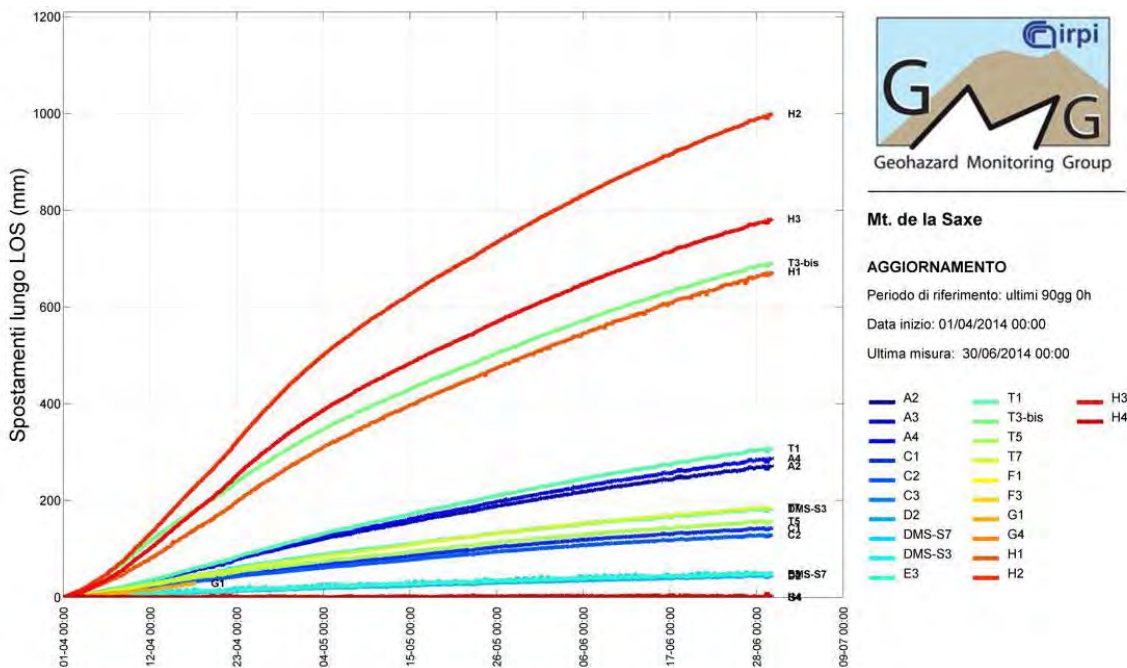
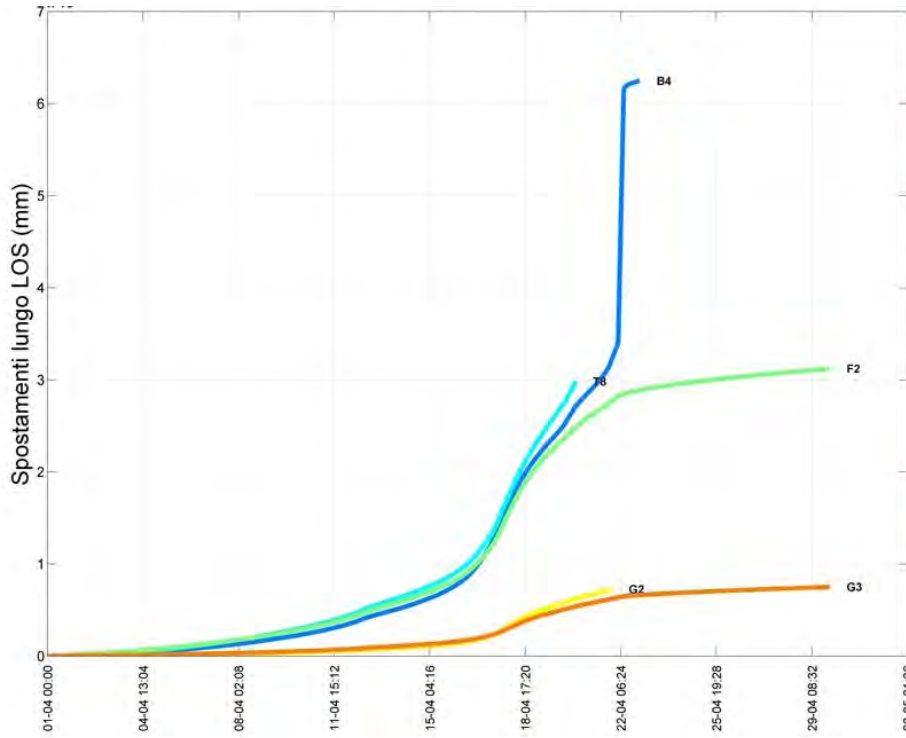


Figura 3.1bis grafico complessivo dei prismi della rete di monitoraggio nel periodo 1/4/2014 – 30/6/2014. In questa seconda visualizzazione sono stati omessi i prismi del settore C al fine di rendere leggibile anche l'andamento degli altri punti monitorati. Il grafico evidenzia come lo spostamento massimo registrato per i punti esterni al settore C sia relativo al punto H2 (dominio B) che ha fatto registrare, nello stesso periodo, circa 1 m.



Mt. de la Saxe

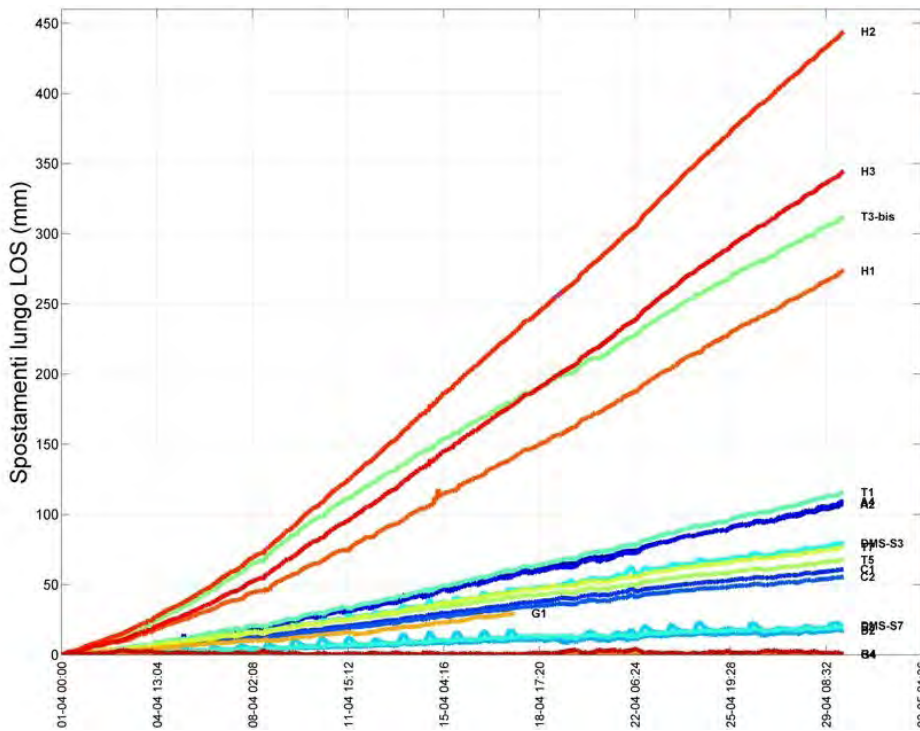
AGGIORNAMENTO

Periodo di riferimento: ultimi 29gg 0h

Data inizio: 01/04/2014 00:00

Ultima misura: 30/04/2014 00:00

- B4
- T8
- F2
- G2
- G3



Mt. de la Saxe

AGGIORNAMENTO

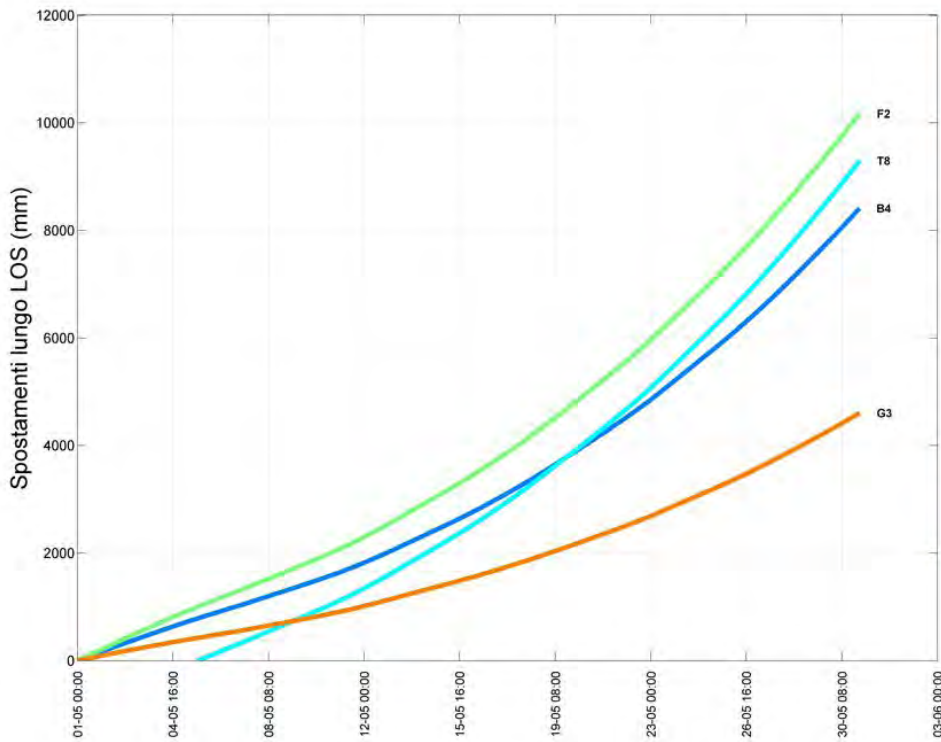
Periodo di riferimento: ultimi 29gg 0h

Data inizio: 01/04/2014 00:00

Ultima misura: 30/04/2014 00:00

- A2
- A3
- A4
- C1
- C2
- C3
- D2
- DMS-S7
- DMS-S3
- E3
- T1
- T3-bis
- T5
- T7
- F1
- F3
- G1
- G4
- H1
- H2
- H3
- H4

Fig. 3.2 A. andamento mensile registrato in aprile 2014. Considerando le differenze di comportamento tra il settore C e il resto del corpo di frana si è ritenuto opportuno inserire i grafici mese per mese e dividere il settore C dal resto.



Mt. de la Saxe

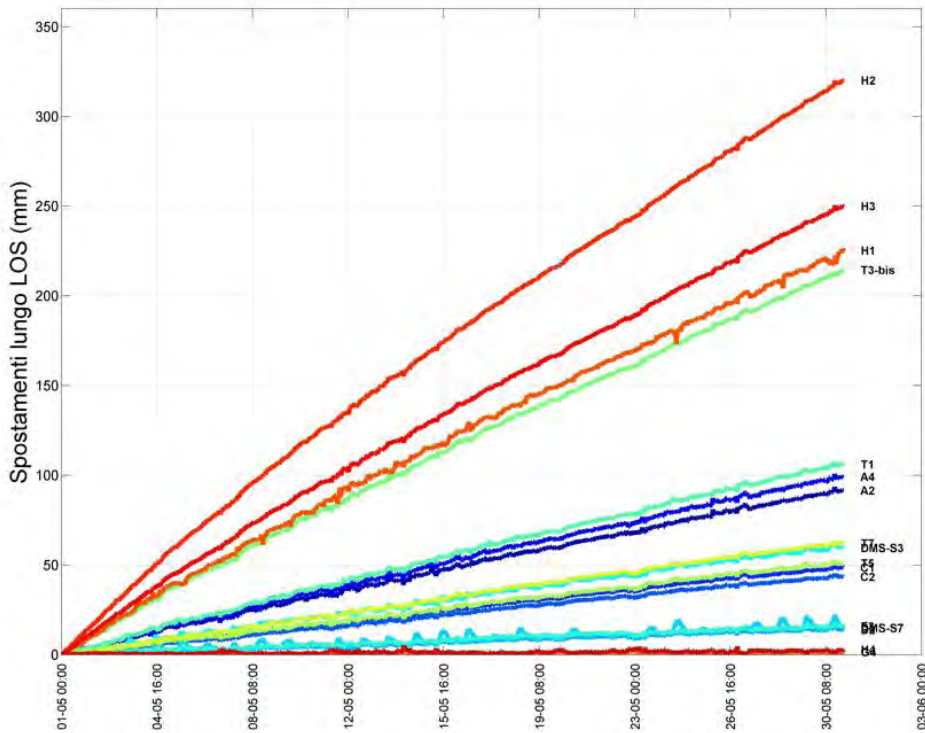
AGGIORNAMENTO

Periodo di riferimento: ultimi 30gg 0h

Data inizio: 01/05/2014 00:00

Ultima misura: 31/05/2014 00:00

- B4
- T8
- F2
- G2
- G3



Mt. de la Saxe

AGGIORNAMENTO

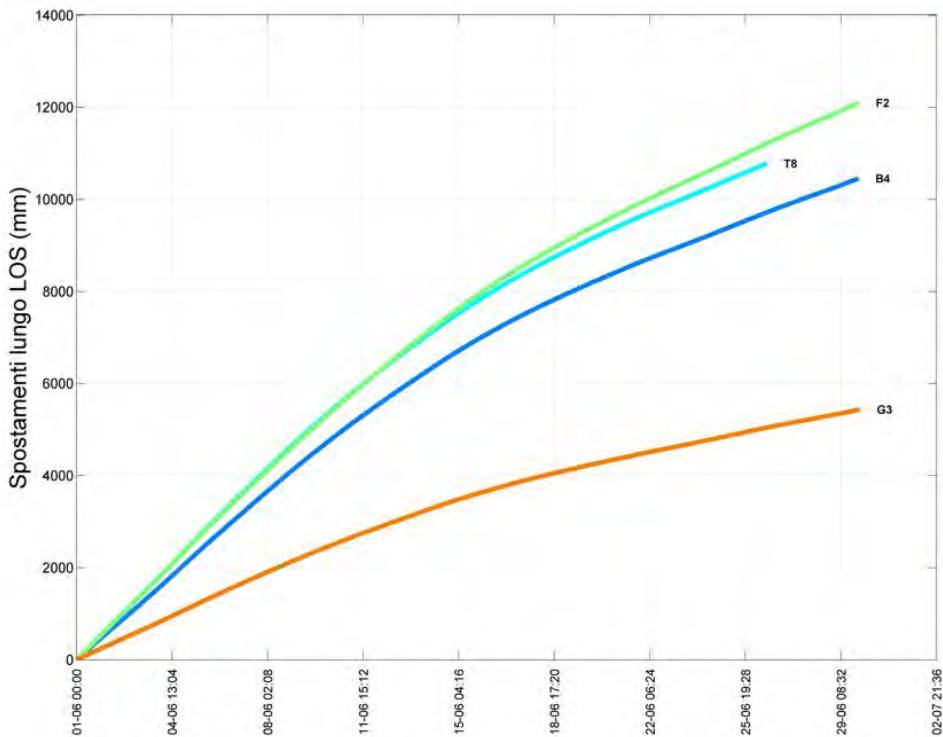
Periodo di riferimento: ultimi 30gg 0h

Data inizio: 01/05/2014 00:00

Ultima misura: 31/05/2014 00:00

- A2
- A3
- A4
- C1
- C2
- C3
- D2
- DMS-S7
- DMS-S3
- E3
- T1
- T3-bis
- T5
- T7
- F1
- F3
- G1
- G4
- H1
- H2
- H3
- H4

Fig. 3.2 B. andamento mensile registrato in maggio 2014. Considerando le differenze di comportamento tra il settore C e il resto del corpo di frana si è ritenuto opportuno inserire i grafici mese per mese e dividere il settore C dal resto.



Mt. de la Saxe

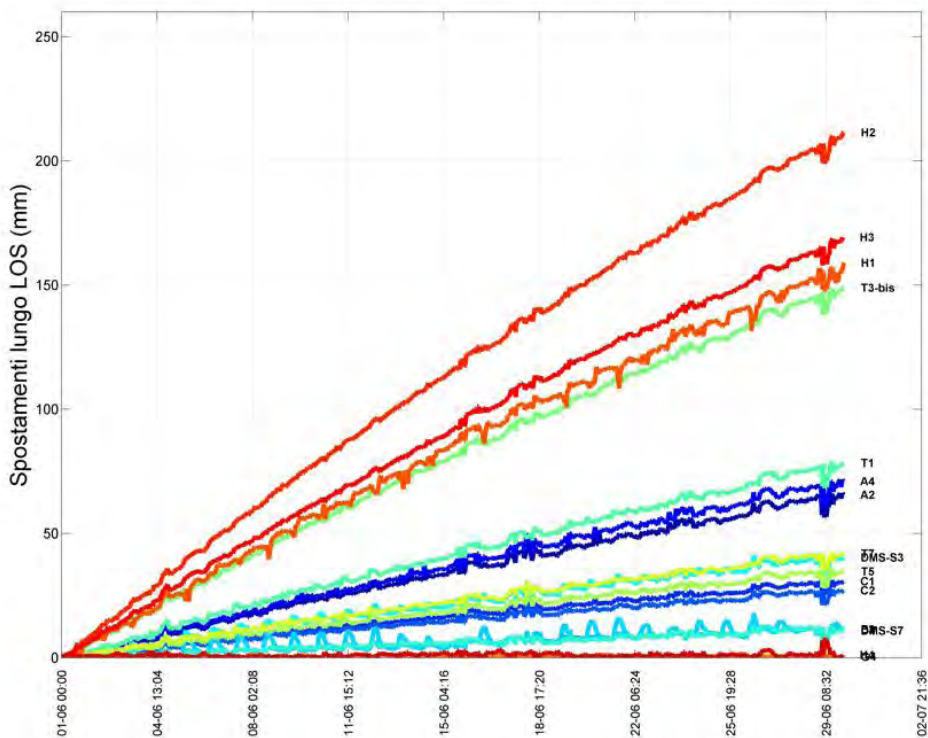
AGGIORNAMENTO

Periodo di riferimento: ultimi 29gg 0h

Data inizio: 01/06/2014 00:00

Ultima misura: 30/06/2014 00:00

- B4
- T8
- F2
- G2
- G3



Mt. de la Saxe

AGGIORNAMENTO

Periodo di riferimento: ultimi 29gg 0h

Data inizio: 01/06/2014 00:00

Ultima misura: 30/06/2014 00:00

- A2
- A3
- A4
- C1
- C2
- C3
- D2
- DMS-S7
- DMS-S3
- E3
- T1
- T3-bis
- T5
- T7
- F1
- F3
- G1
- G4
- H1
- H2
- H3
- H4

Fig. 3.2 C. andamento mensile registrato in giugno 2014. Considerando le differenze di comportamento tra il settore C e il resto del corpo di frana si è ritenuto opportuno inserire i grafici mese per mese e dividere il settore C dal resto.

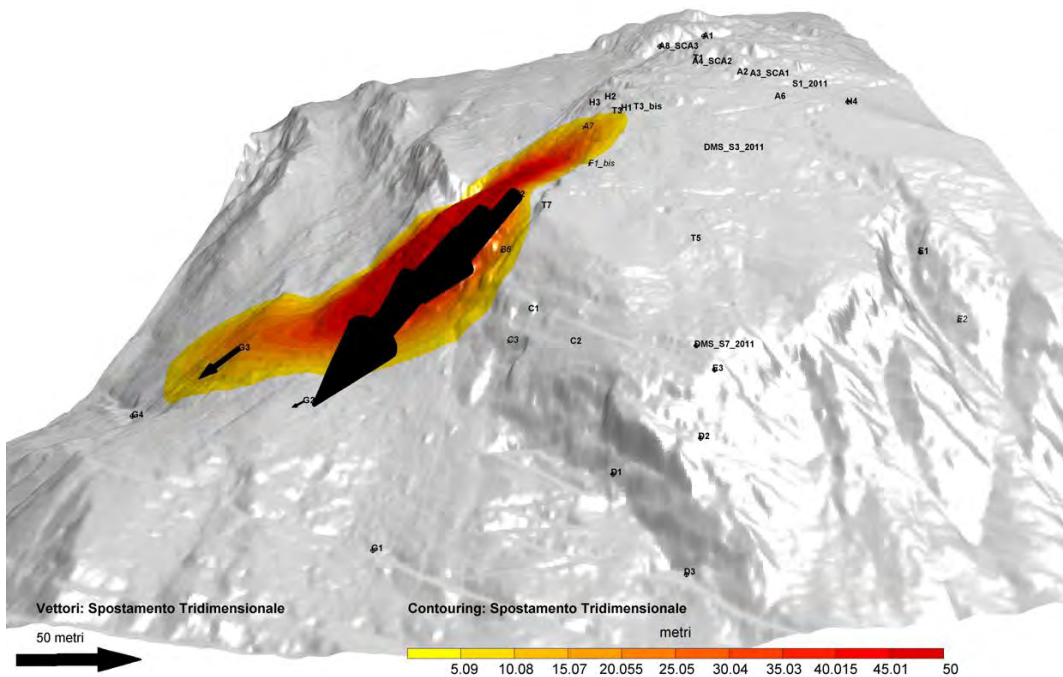


Mt. de la Saxe (AO)

E: 341837 m*
N: 5076105 m*
Z: 1424 m (s.l.m.)
*Sistema di riferimento UTM-WGS84
Le coordinate sono relative alla posizione della stazione di misura
Modello Digitale - LIDAR VDA 2013

AGGIORNAMENTO
Misura del: 30/06/2014 ore 00:00
Periodo di riferimento: ultimi 90gg 0h
Target misurati 32 / 38
Target in movimento** 21 / 32
**Per movimento si considera come soglia il valore di 0.1 metri

SIMBOLOGIA
⊕ Target misurato
× Target non misurato
↗ Target in movimento
△ RTS: Stazione totale



Mt. de la Saxe (AO)

E: 341837 m*
N: 5076105 m*
Z: 1424 m (s.l.m.)
*Sistema di riferimento UTM-WGS84
Le coordinate sono relative alla posizione della stazione di misura
Modello Digitale - LIDAR VDA 2013

AGGIORNAMENTO
Misura del: 31/03/2014 ore 00:00
Periodo di riferimento: ultimi 89gg 0h
Target misurati 34 / 38
Target in movimento** 21 / 34
**Per movimento si considera come soglia il valore di 0.1 metri

SIMBOLOGIA
⊕ Target misurato
× Target non misurato
↗ Target in movimento
△ RTS: Stazione totale

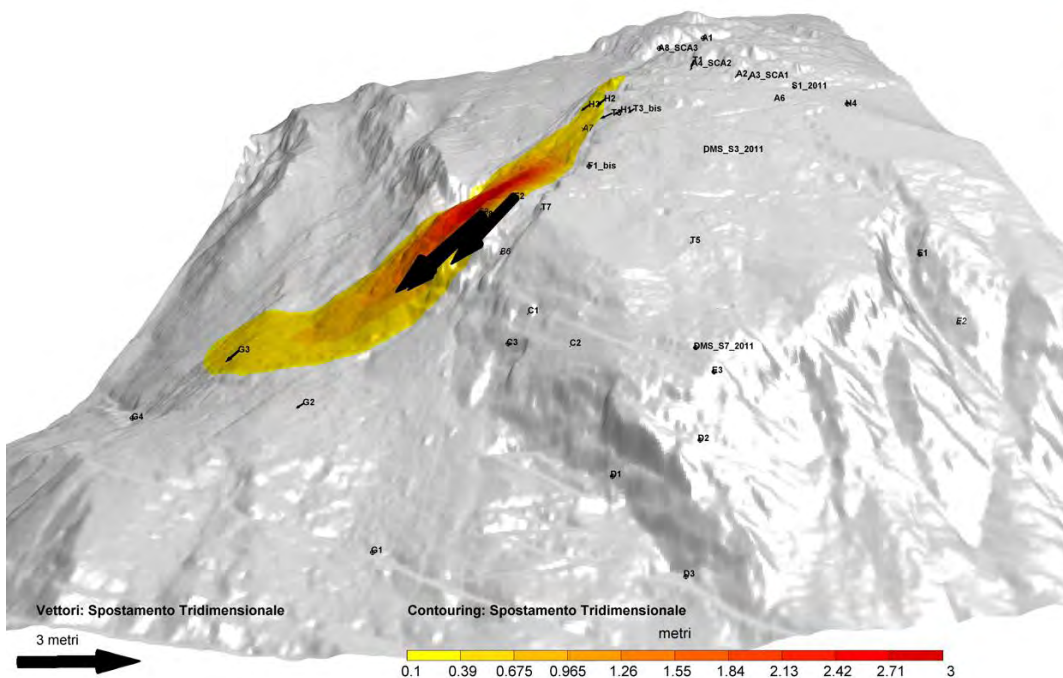
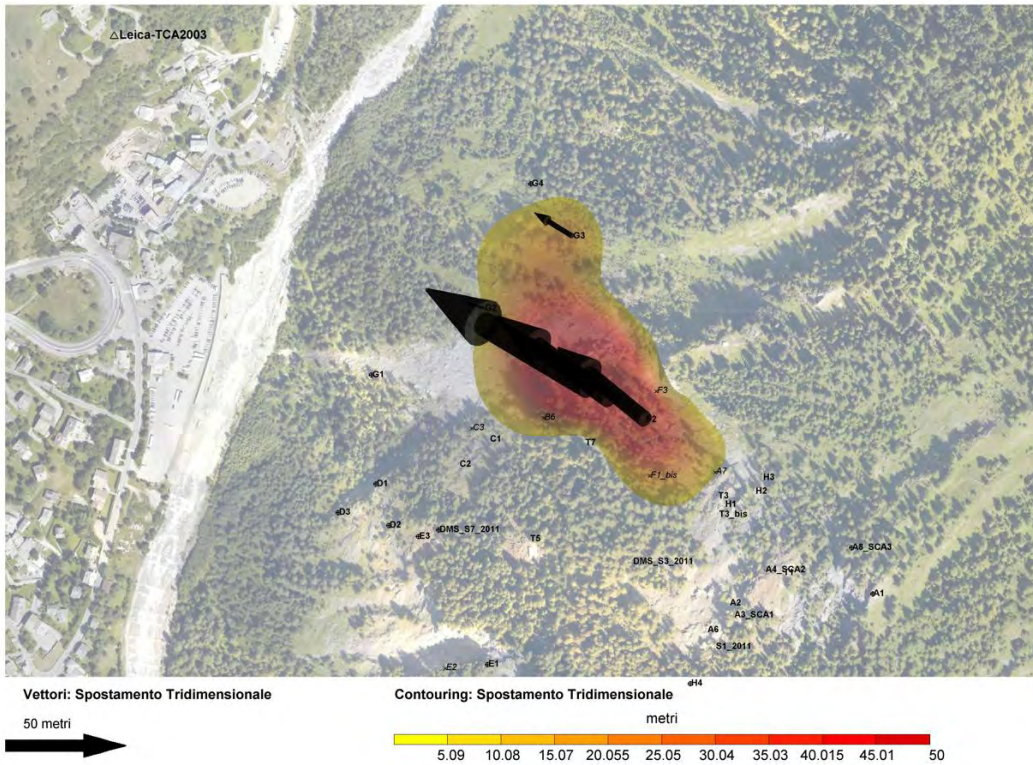


Figura 3.3 rappresentazione tridimensionale degli spostamenti cumulati nel trimestre di riferimento e nel trimestre precedente.



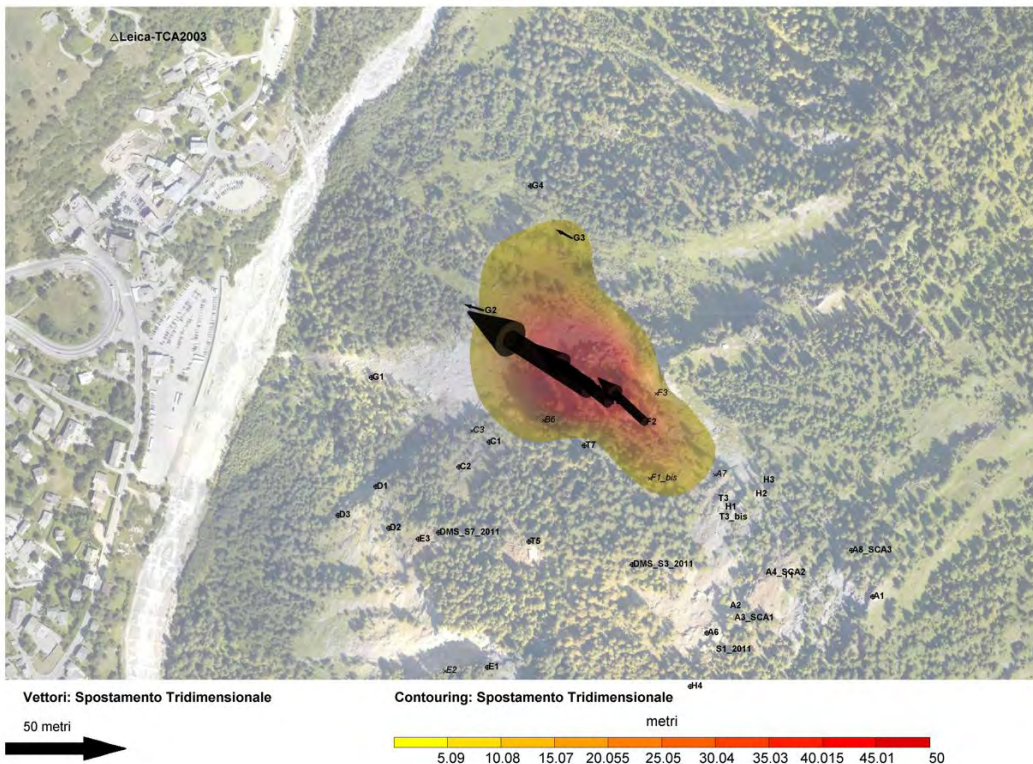
Mt. de la Saxe (AO)

E: 341837 m*
N: 5076105 m*
Z: 1424 m (s.l.m.)
*Sistema di riferimento UTM-WGS84
Le coordinate sono relative alla posizione della stazione di misura
Modello Digitale - LIDAR VDA 2013

AGGIORNAMENTO
Misura del: 30/06/2014 ore 00:00
Periodo di riferimento: ultimi 90gg 0h
Target misurati 32 / 38
Target in movimento** 21 / 32

SIMBOLOGIA
⊕ Target misurato
× Target non misurato
➔ Target in movimento
△ RTS: Stazione totale

Figura 3.4, Rappresentazione degli spostamenti cumulati nel trimestre di riferimento



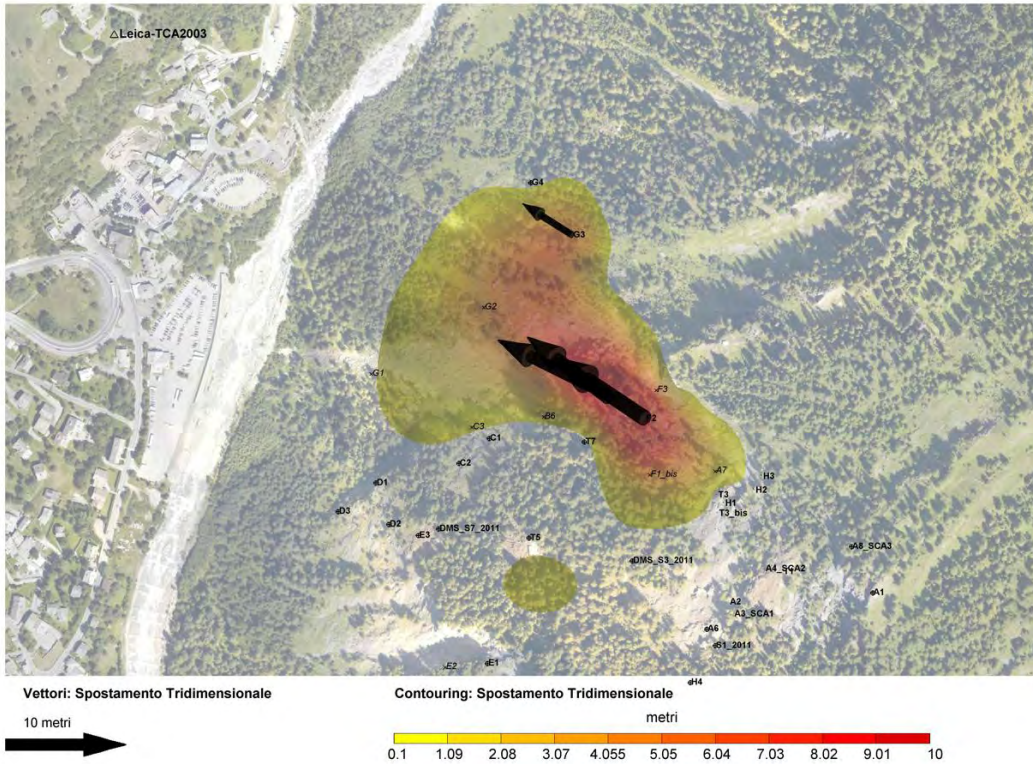
Mt. de la Saxe (AO)

E: 341837 m*
N: 5076105 m*
Z: 1424 m (s.l.m.)
*Sistema di riferimento UTM-WGS84
Le coordinate sono relative alla posizione della stazione di misura
Modello Digitale - LIDAR VDA 2013

AGGIORNAMENTO
Misura del: 30/04/2014 ore 00:00
Periodo di riferimento: ultimi 30gg 0h
Target misurati 32 / 38
Target in movimento** 15 / 32

SIMBOLOGIA
⊕ Target misurato
× Target non misurato
➔ Target in movimento
△ RTS: Stazione totale

Figura 3.5 A, Rappresentazione degli spostamenti cumulati nel mese di aprile



Mt. de la Saxe (AO)

E: 341837 m*
N: 5076105 m*

Z: 1424 m (s.l.m.)

*Sistema di riferimento UTM-WGS84

Le coordinate sono relative alla posizione della stazione di misura

Modello Digitale - LIDAR VDA 2013

AGGIORNAMENTO

Misura del: 31/05/2014 ore 00:00

Periodo di riferimento: ultimi 31gg 0h

Target misurati 30 / 38

Target in movimento** 13 / 30

**Per movimento si considera come soglia il valore di 0.1 metri

SIMBOLOGIA

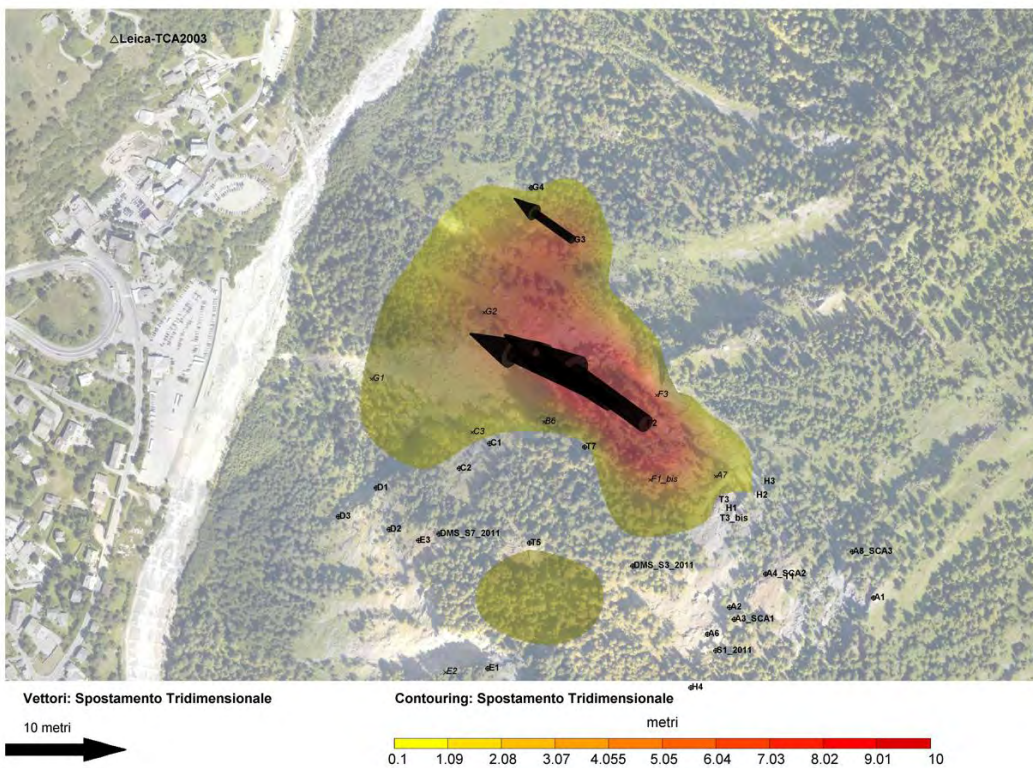
⊙ Target misurato

⊗ Target non misurato

↗ Target in movimento

△ RTS: Stazione totale

Figura 3.5 B, Rappresentazione mensile degli spostamenti cumulati nel mese di maggio



Mt. de la Saxe (AO)

E: 341837 m*
N: 5076105 m*

Z: 1424 m (s.l.m.)

*Sistema di riferimento UTM-WGS84

Le coordinate sono relative alla posizione della stazione di misura

Modello Digitale - LIDAR VDA 2013

AGGIORNAMENTO

Misura del: 30/06/2014 ore 00:00

Periodo di riferimento: ultimi 30gg 0h

Target misurati 30 / 38

Target in movimento** 10 / 30

**Per movimento si considera come soglia il valore di 0.1 metri

SIMBOLOGIA

⊙ Target misurato

⊗ Target non misurato

↗ Target in movimento

△ RTS: Stazione totale

Figura 3.5 C rappresentazione mensile degli spostamenti cumulati nel mese di giugno

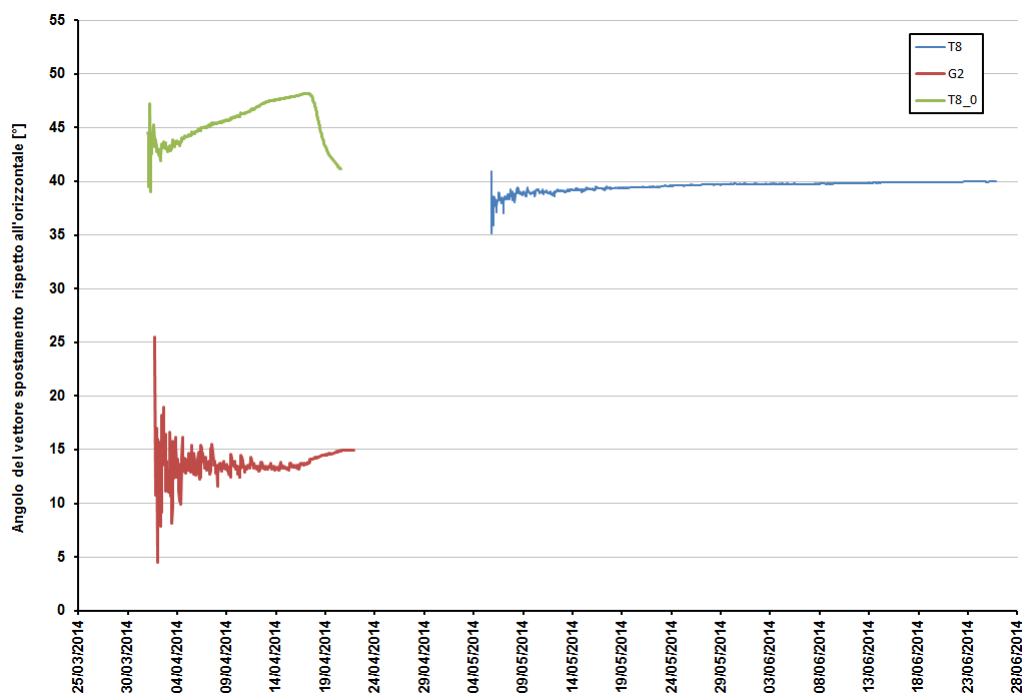
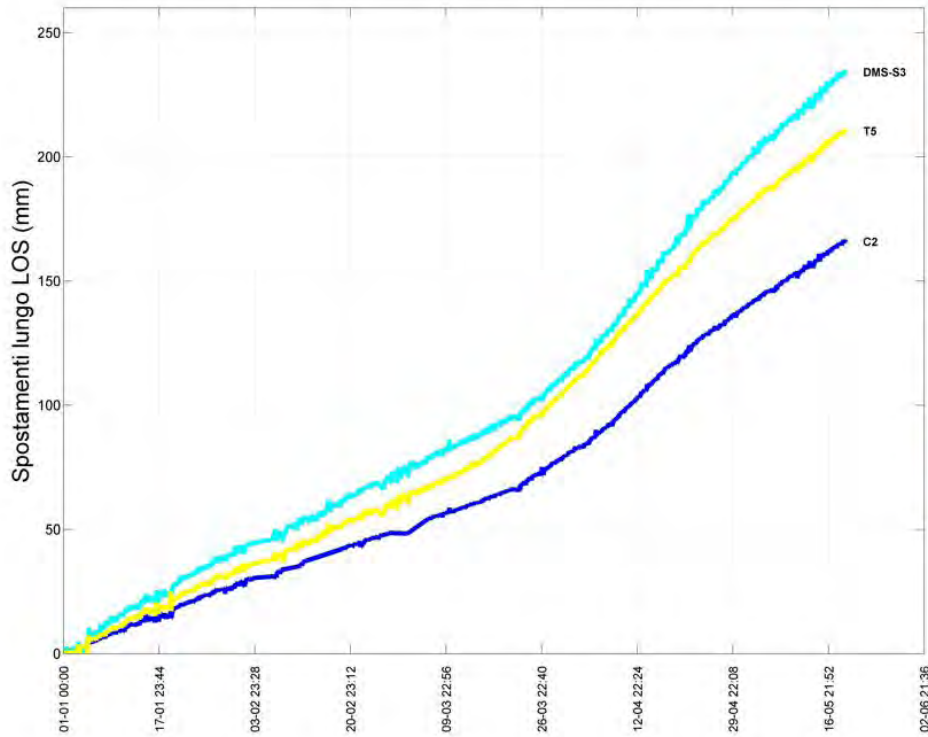


Figura 3.6 angolo di inclinazione del vettore di spostamento tridimensionale dei punti T8 e G2 rispetto all'orizzontale; il grafico evidenzia come il punto G2 sia stato caratterizzato da movimenti sub-orizzontali (12-15°), mentre il T8 abbia fatto registrare angoli ben più elevati in un range compreso tra i 45-48° del periodo caratterizzato da tassi di movimento più elevati e di circa 40° nelle fasi successive.



Mt. de la Saxe

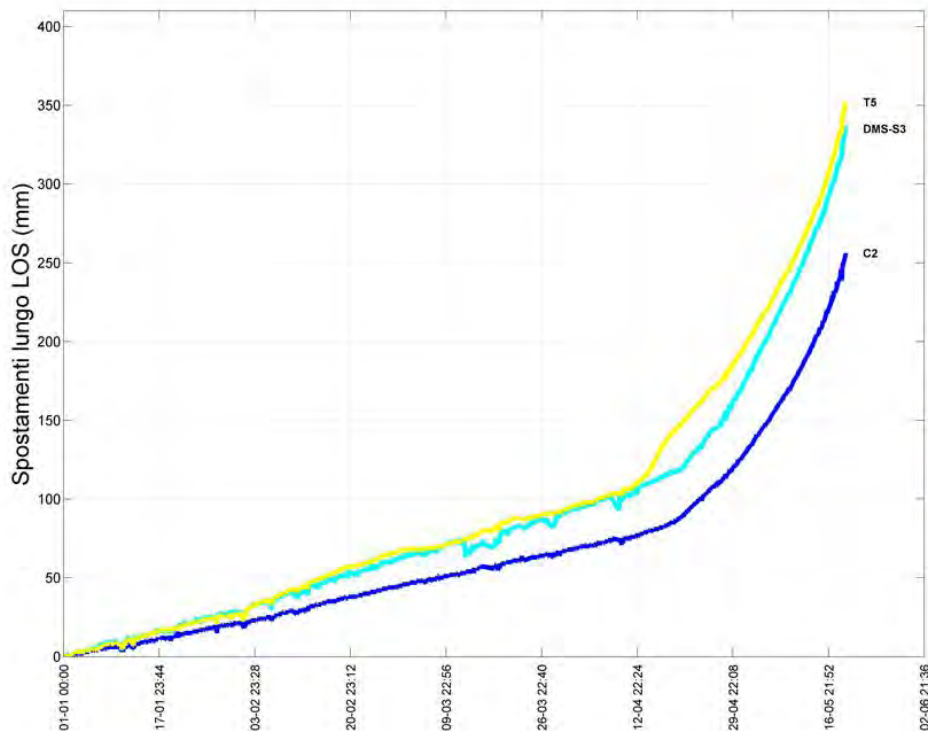
AGGIORNAMENTO

Periodo di riferimento: ultimi 139gg 0h

Data inizio: 01/01/2014 00:00

Ultima misura: 20/05/2014 00:00

— C2
— DMS-S3
— T5



Mt. de la Saxe

AGGIORNAMENTO

Periodo di riferimento: ultimi 139gg 0h

Data inizio: 01/01/2013 00:00

Ultima misura: 20/05/2013 00:00

— C2
— DMS-S3
— T5

Figura 3.7 confronto tra l'andamento di due punti ritenuti significativi del dominio A nel 2014 e nel 2013. Come si evince dai grafici, l'entità dello spostamento e le velocità del 2014 sono state inferiori a quelle registrate nel 2013.

Prisma	Est [m]	Nord [m]	Z [m]	LOS [m]	DXYZ [m]	MaxVel_LOS [mm/h]	MaxVel_XYZ [mm/h]
A2	0.16	-0.14	-0.21	0.27	0.30	0.28	0.47
A3	0.15	-0.16	-0.20	0.27	0.30	0.27	0.53
A4	0.16	-0.12	-0.30	0.29	0.36	0.29	0.64
A6	0.08	-0.15	-0.10	0.19	0.20	0.24	0.44
A8	0.04	0.03	0.01	0.00	0.05	0.18	1.14
B4	38.17	-63.77	-62.80	84.28	97.31	2604.20	3051.53
C1	0.08	-0.11	-0.10	0.14	0.17	0.13	0.38
C2	0.07	-0.11	-0.10	0.13	0.16	0.14	0.35
D1	0.06	-0.06	-0.03	0.08	0.09	0.10	0.30
D2	0.02	-0.05	-0.03	0.04	0.06	0.12	0.32
D3	0.02	-0.04	-0.01	0.04	0.05	0.11	0.41
E3	0.02	-0.06	-0.03	0.05	0.07	0.12	0.35
T1	0.17	-0.14	-0.30	0.31	0.37	0.27	0.75
T3	0.34	-0.41	-0.29	0.59	0.60	0.51	0.56
T5	0.06	-0.15	-0.10	0.16	0.19	0.16	0.40
T7	0.10	-0.14	-0.09	0.19	0.19	0.19	0.24
T8	32.88	-44.16	-47.19	64.08	72.51	1795.84	2027.61
DMS_S7	0.01	-0.06	-0.05	0.05	0.08	0.11	0.44
DMS_S3	0.07	-0.14	-0.14	0.18	0.21	0.18	0.45
S1_2011	0.09	-0.33	-0.17	0.33	0.38	5.16	6.06
F2	28.76	-34.76	-44.42	54.32	63.31	213.20	255.92
G1	0.01	-0.04	-0.01	0.03	0.04	0.15	0.31
G2	2.30	-7.24	-2.03	7.24	7.87	64.30	69.38
G3	8.92	-14.39	-11.21	17.91	20.31	50.94	57.35
T3_bis	0.41	-0.46	-0.33	0.69	0.70	0.61	0.66
H1	0.44	-0.42	-0.33	0.67	0.69	0.57	0.57
H2	0.61	-0.59	-0.62	1.00	1.05	0.89	0.91
H3	0.58	-0.40	-0.47	0.78	0.85	0.71	0.84
H4	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.16	1.44
A2	0.16	-0.14	-0.21	0.27	0.30	0.28	0.47
A3	0.15	-0.16	-0.20	0.27	0.30	0.27	0.53
A4	0.16	-0.12	-0.30	0.29	0.36	0.29	0.64
A6	0.08	-0.15	-0.10	0.19	0.20	0.24	0.44

Tabella 3.1 Spostamenti trimestrali misurati. In giallo il punto che ha fatto registrare velocità più elevate, in verde quello con spostamenti più contenuti. Per una questione di semplicità di lettura sono stati eliminati i punti esterni all'area instabile. Alcuni valori tra i prismi che hanno fatto registrare spostamenti più contenuti possono essere falsati dal fatto che taluni punti erano inizialmente coperti dalla neve e quindi la serie temporale del trimestre non è completa.

4. SAR

I dati SAR sono stati caricati direttamente dall'ftp della Regione Autonoma Valle d'Aosta. Nello specifico sono stati presi in considerazione i grafici relativi ai punti monitorati da LISALAB di cui è disponibile la serie storica. Sul sito GMG è attiva la pubblicazione in near real time dei grafici derivanti dalle misure SAR con la medesima modalità rappresentativa impiegata per i dati di stazione totale.

Prima di entrare nel merito dei dati, si sottolinea come il GBInSAR sia stato in grado di funzionare anche durante le fasi emergenziali più intense, quando i tassi di spostamento erano di gran lunga superiori a quelli solitamente monitorabili tramite questa categoria di strumento. Tale funzionamento è stato possibile grazie all'intenso lavoro di LISALAB. Il supporto del dato SAR si è inoltre dimostrato molto importante nel momento in cui i punti monitorati con stazione totale si riducevano progressivamente di numero a causa dei forti spostamenti e delle importanti modifiche morfologiche della massa in movimento. I dati evidenziano, se comparati con quelli di stazione totale, una tendenza alla sottostima dei valori di spostamento massimo che comunque non ne riduce l'importanza ma che deve essere considerata con attenzione in occasione di eventuali condizioni emergenziali simili.

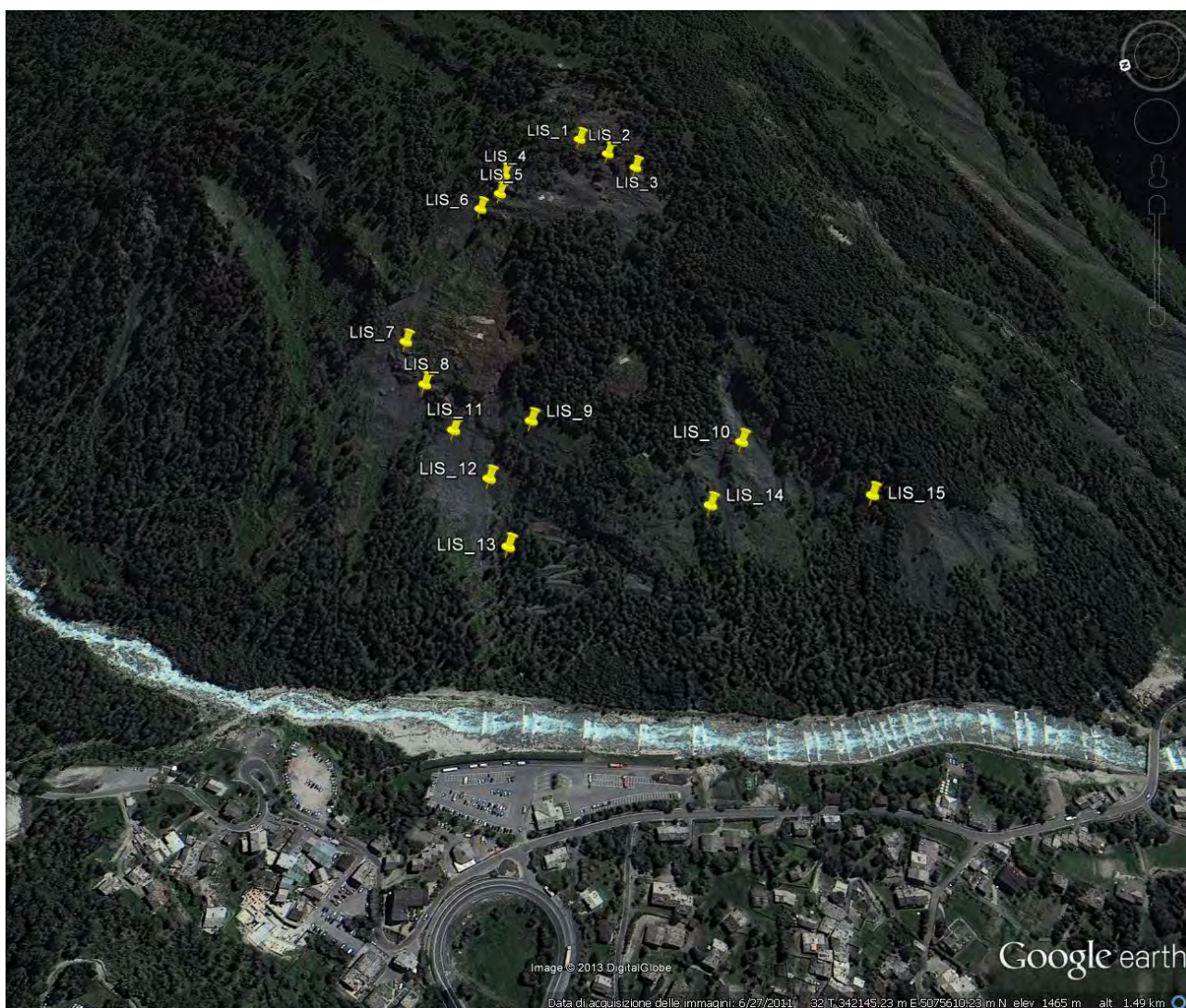


Figura 4.1 ubicazione dei punti LISALAB

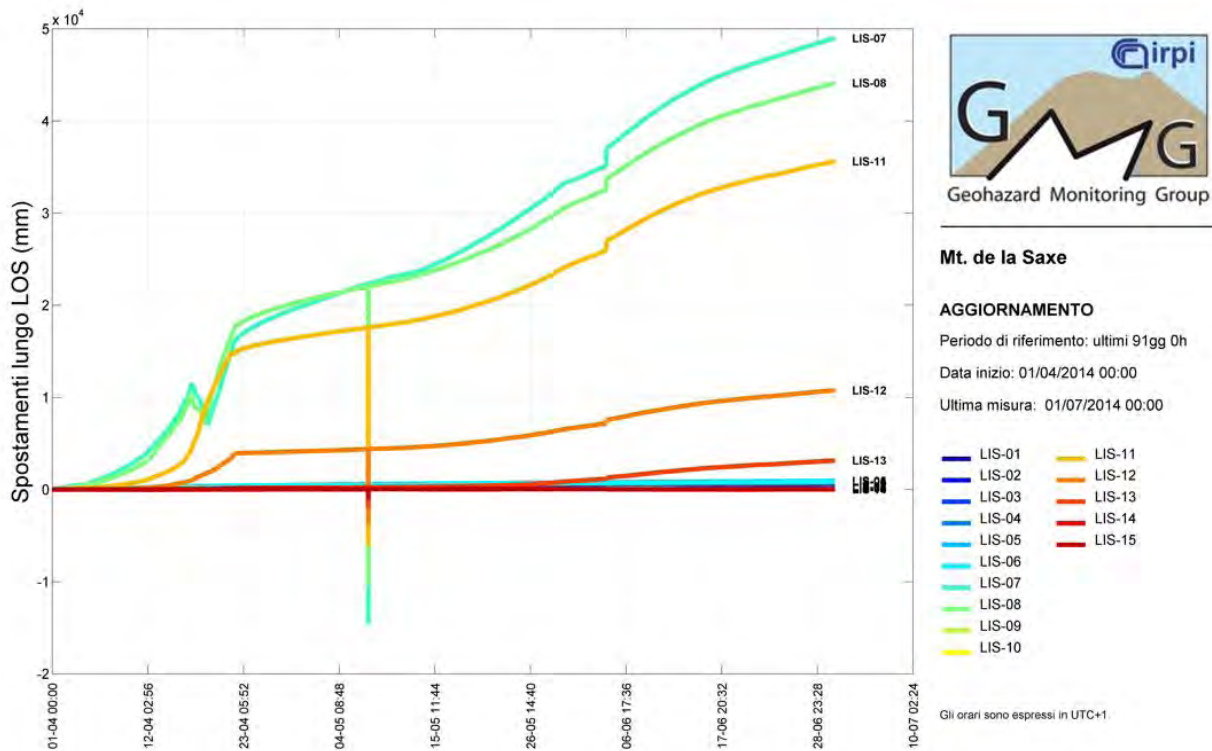


Figura 4.2 grafico dell'andamento della LOS dei punti mostrati nella figura precedente.

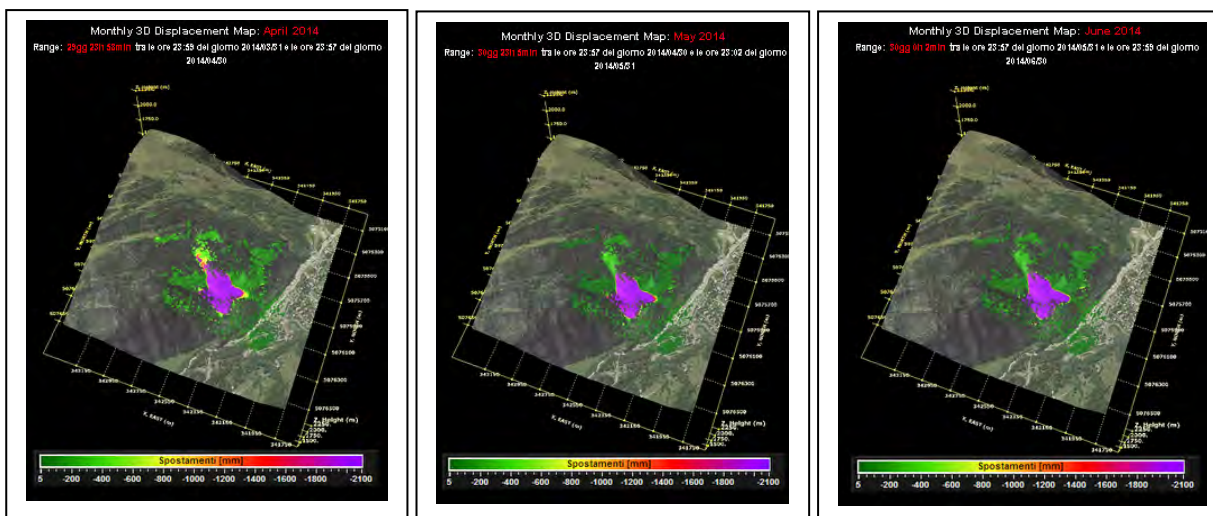


Figura 4.3 mappa di deformazione mensile LISALAB nel trimestre considerato

5. DMS

Nel corso del mese di novembre 2013 sono state installate delle nuove colonne inclinometriche che andranno in parte a sostituire quelle preesistenti ed in parte ad indagare nuovi settori del corpo frana. Dal mese di gennaio 2014 esse sono divenute pienamente operative dopo la fase di calibrazione e qui di seguito viene riportata una sintesi dei dati raccolti per il periodo considerato.

	Spostamento cumulato testa tubo [mm]	Spostamento cumulato prisma Dlos [mm]	Compatibilità prisma/DMS	Tendenza rispetto trimestre precedente
DMS S3bis	274	DMS_S3_2011: 180	media	Incremento
DMS S7bis	114	DMS_S7_2011: 50	media	Incremento
DMS S8	763	ND	ND	Incremento
DMS S9	513	H2: 1000	bassa	Incremento
DMS S10	371	A4: 290	elevata	Incremento

Tabella 4.1 confronto spostamenti cumulati dei diversi DMS rispetto a dei caposaldi topografici presenti nelle immediate vicinanze.

I dati DMS S3bis, DMS S7bis, DMS S10 risultano mediamente compatibili con i dati di spostamento superficiale.

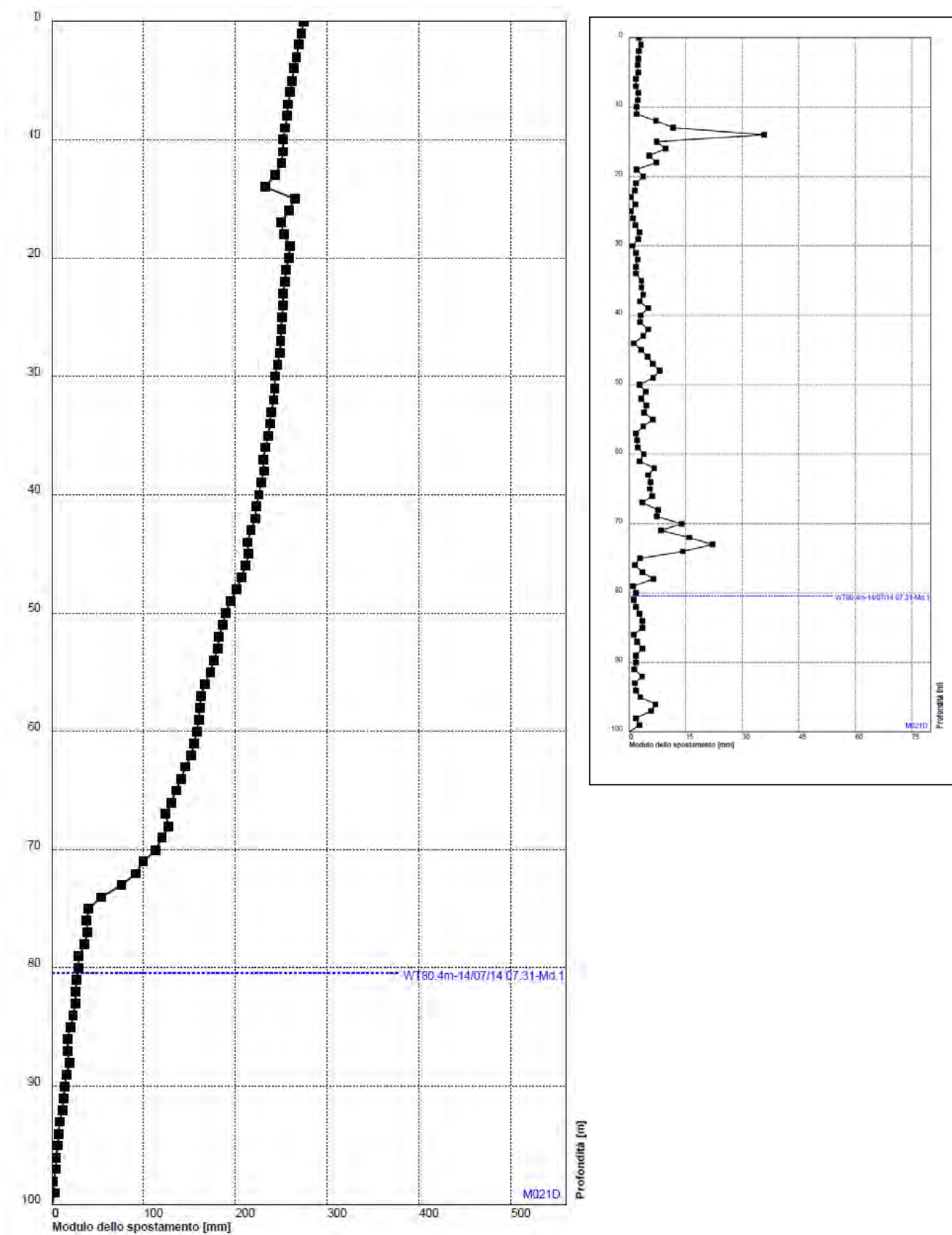
Il DMS S3 bis ha un andamento della deformazione progressivo di difficile interpretazione. I dati evidenziano con ogni probabilità la presenza di una superficie di movimento (dai tassi di spostamento molto ridotti) a 71 m di profondità; si segnala inoltre l'anomalia presente a 16 m.

Il DMS S7 bis presenta una evidente superficie di movimento a 84 m di profondità (azimut 270°).

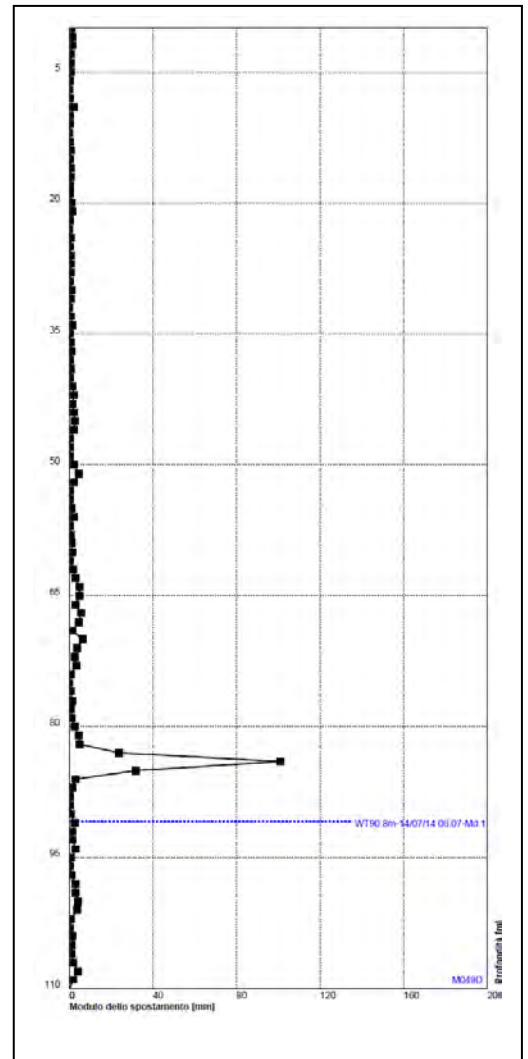
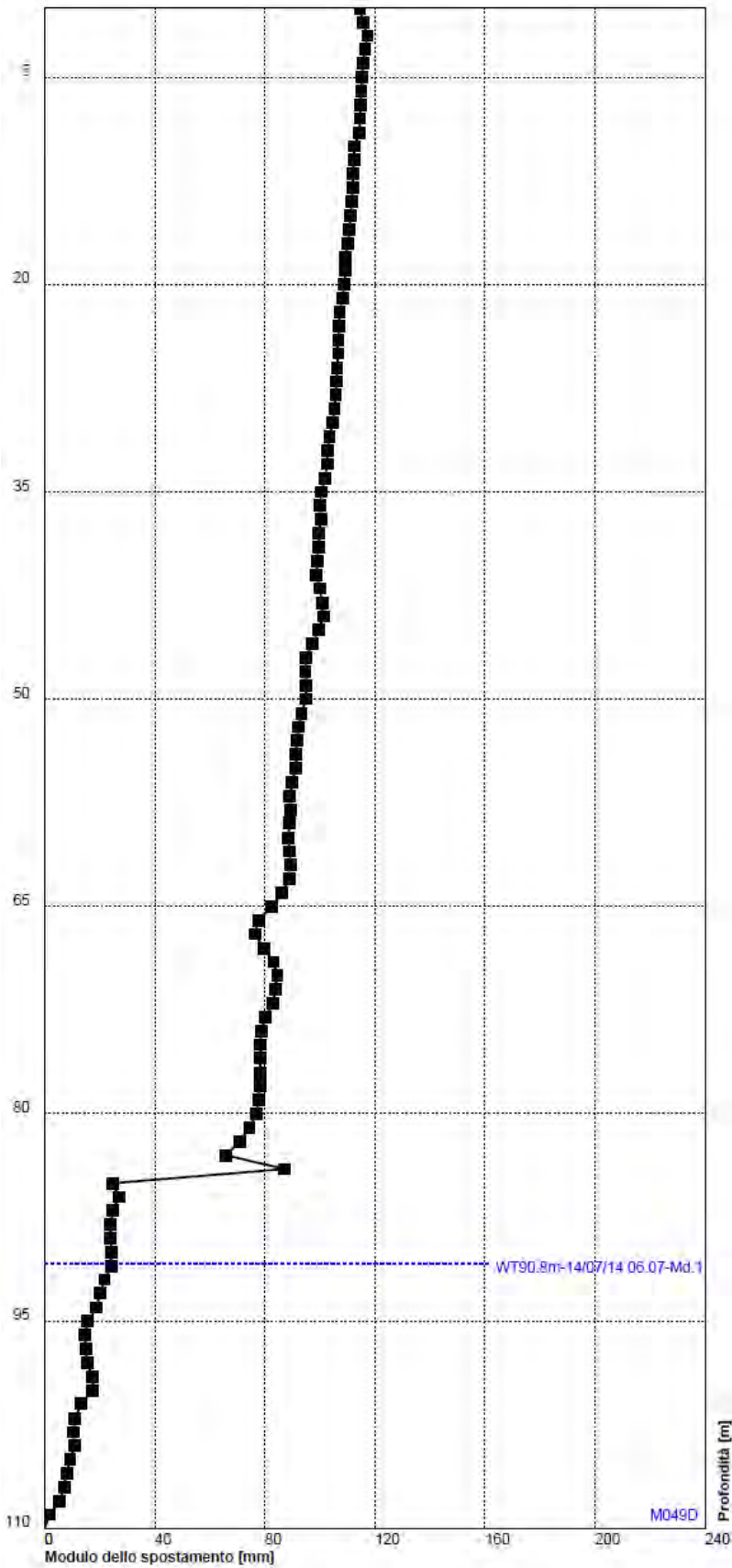
Il DMS S8 presenta una evidente superficie di movimento a 15 m di profondità; sono inoltre evidenti anche movimenti più contenuti nei primi 4 metri di colonna attribuibili a deformazioni superficiali. Si rammenta che, come da comunicazione dell'Ing Lovisolo, il DMS 8 ha una testa tubo che, rispetto alla topografia attuale, è posto ad una profondità di circa 4 m.

Il DMS S9 ha evidenziato nei mesi precedenti un effetto di spirallatura; l'elemento evidente è la presenza di una superficie di movimento a 49 m. Si segnala inoltre un valore anomalo ad una profondità di 76 m che potrebbe essere interpretato come un indizio di movimento.

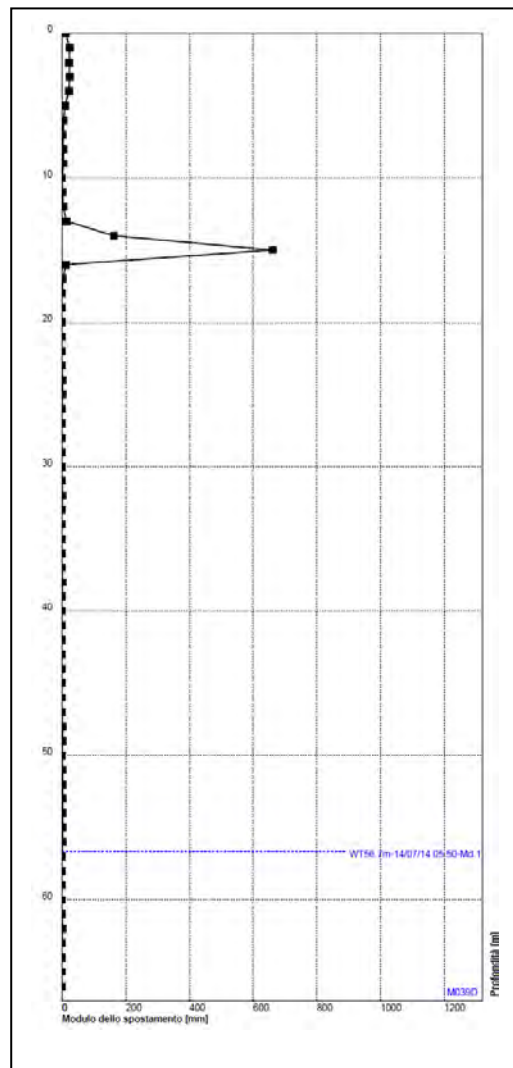
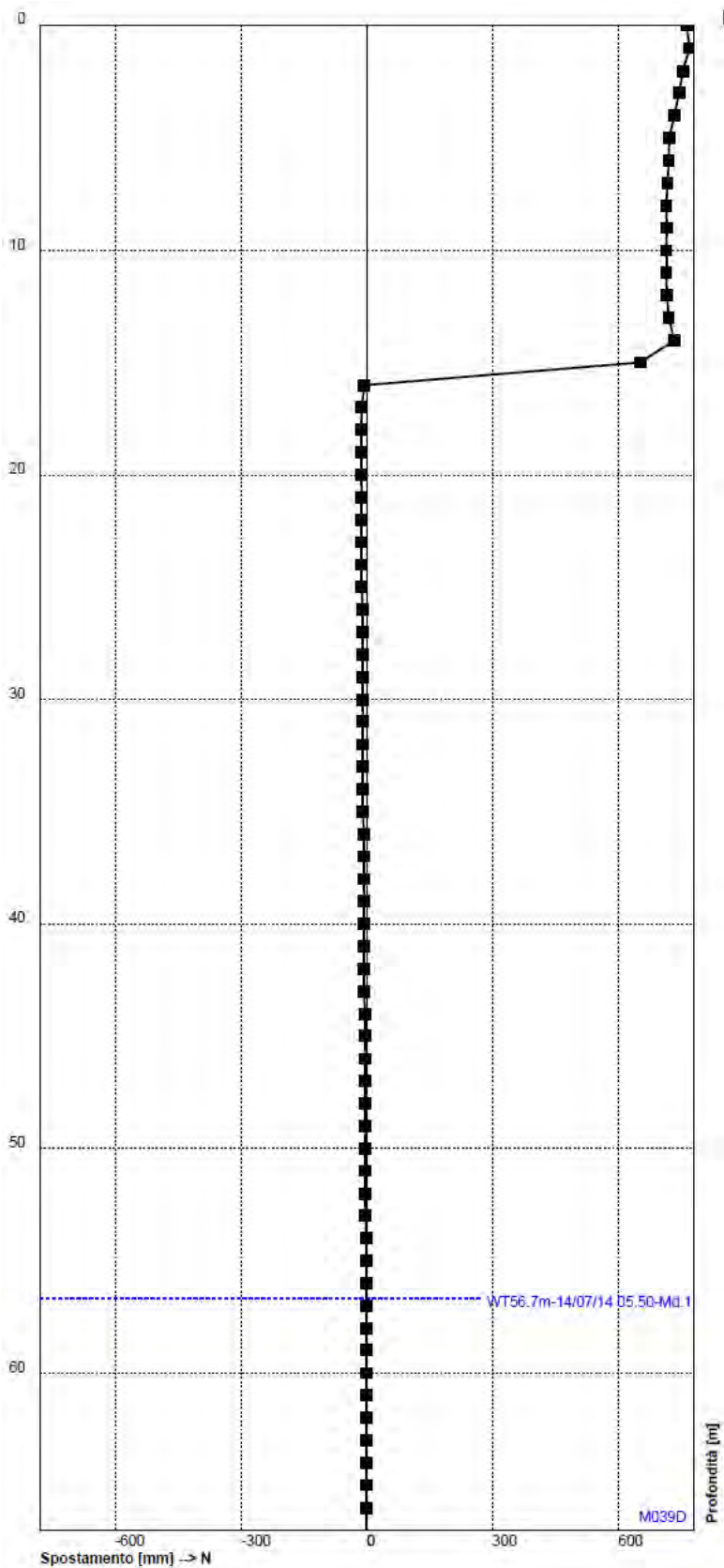
Il DMS S10 ha un andamento della deformazione progressivo di difficile interpretazione con uno scostamento potenzialmente assimilabile ad una superficie di movimento (dai tassi di spostamento molto ridotti) nella fascia compresa tra i 40-43 m. l'andamento delle misure del tratto a maggior profondità (88-90 m) non è di facile interpretazione.



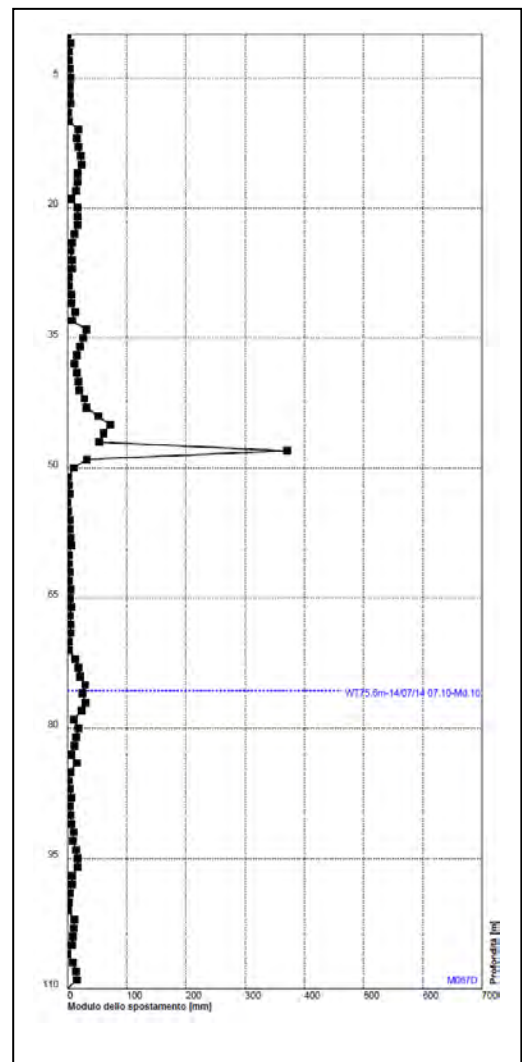
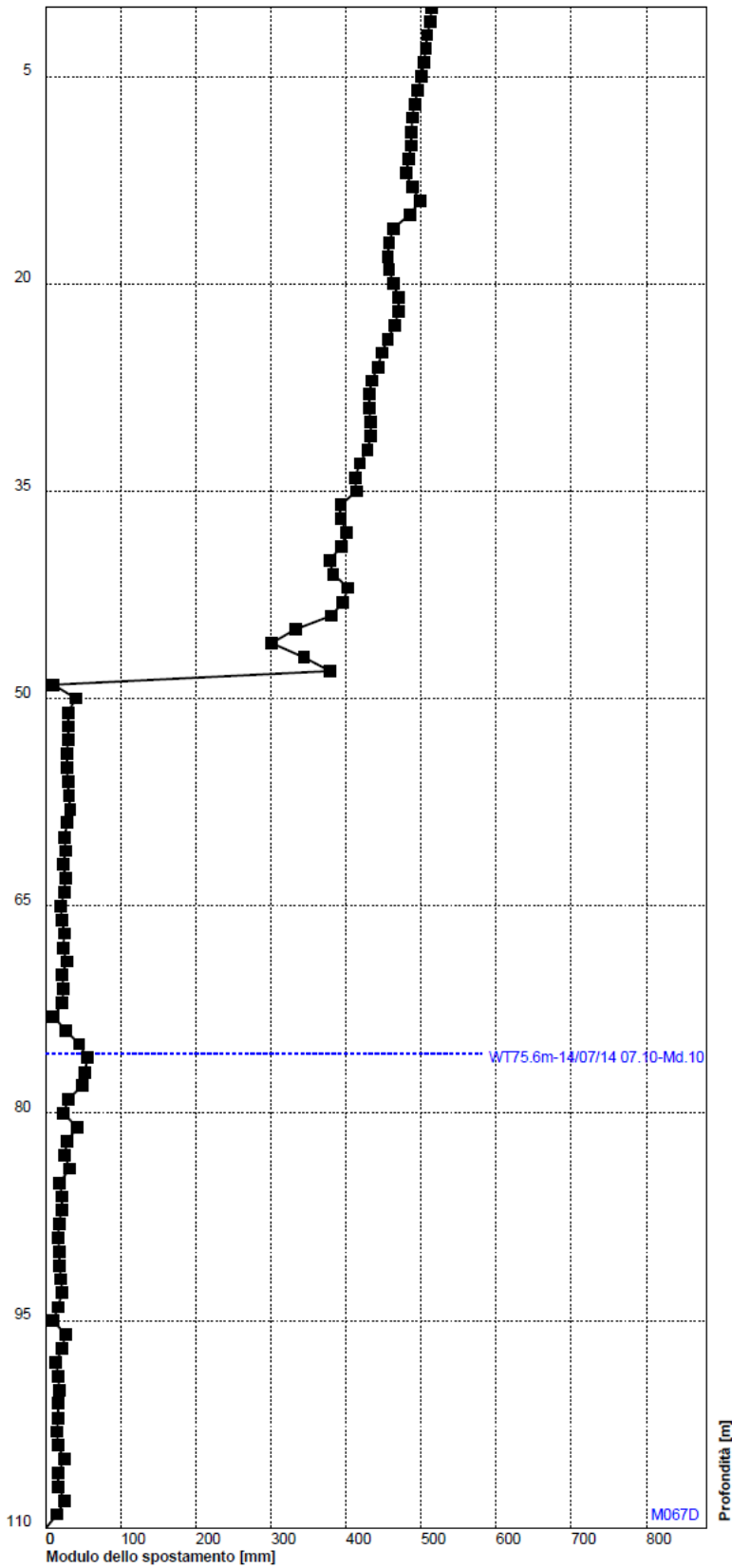
DMS S3 bis – grafico spostamento cumulato nel periodo considerato; nel riquadro più piccolo il grafico del modulo dello spostamento differenziale



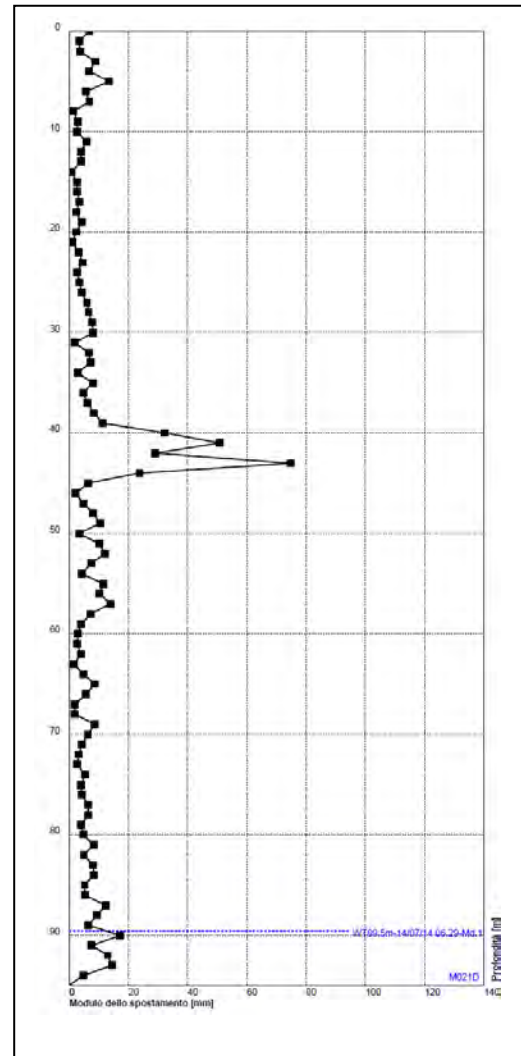
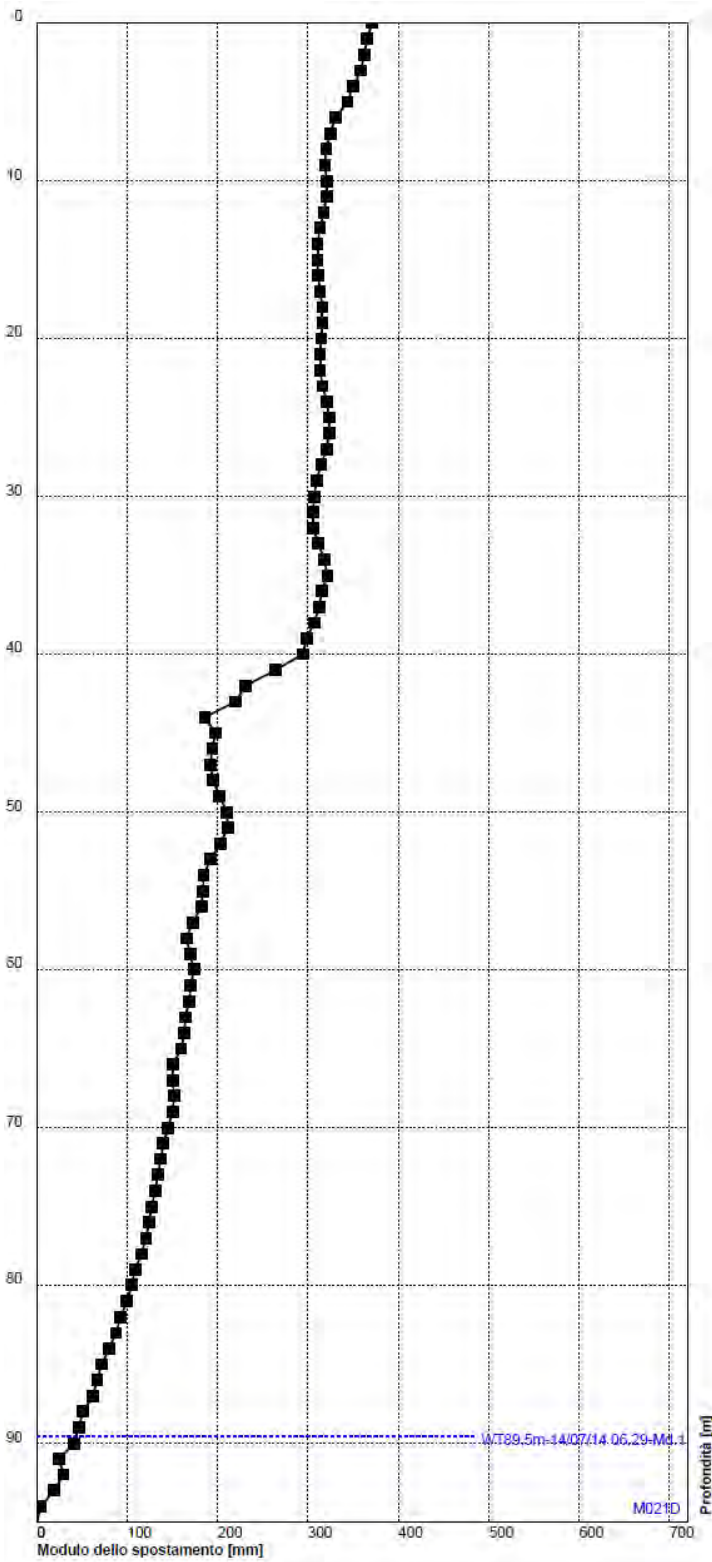
DMS S7bis – grafico spostamento cumulato nel periodo considerato; nel riquadro più piccolo il grafico del modulo dello spostamento differenziale



DMS S8 – grafico spostamento cumulato nel periodo considerato; nel riquadro più piccolo il grafico del modulo dello spostamento differenziale



DMS S9 – grafico spostamento cumulato nel periodo considerato; nel riquadro più piccolo il grafico del modulo dello spostamento differenziale



DMS S10 – grafico spostamento cumulato nel periodo considerato; nel riquadro più piccolo il grafico del modulo dello spostamento differenziale

6. ANALISI DELLE IMMAGINI

I dati solitamente considerati per l'emissione del bollettino non consentono di analizzare in dettaglio le dinamiche che hanno caratterizzato la base della parete frontale, ovvero il settore della frana che ha subito le trasformazioni più rilevanti. Data la pericolosità di accesso dell'area, gli unici sistemi in grado di restituire indicazioni in merito all'entità di movimento e alle dinamiche in atto sono quelli che non necessitano di accesso diretto al sito ma che consentono di operare da remoto. Ovviamente il GBInSAR rappresenta da questo punto di vista una delle forti primarie di dati, che ha tuttavia (come noto) ha la limitazione di risolvere esclusivamente la componente LOS del movimento.

Per poter incrementare il livello di conoscenza sono quindi state prese in considerazione altre fonti di dati che verranno qui di seguito presentate. In particolare, le analisi si concentreranno sui dati ripresi dai diversi sistemi ottici ivi presenti e dal confronto tra i risultati dei rilevamenti LiDAR aerei eseguiti dal GMG nel luglio 2013 e replicato nel giugno 2014.

La frana del Mont de La Saxe è seguita anche visivamente attraverso una serie di postazioni di acquisizione di immagini in gran parte consultabili anche sul sito GMG nella pagina di sintesi. Nel presente bollettino verranno presi in considerazione due sistemi di acquisizione installati in corrispondenza alla postazione di monitoraggio principale di Villa Cameron.

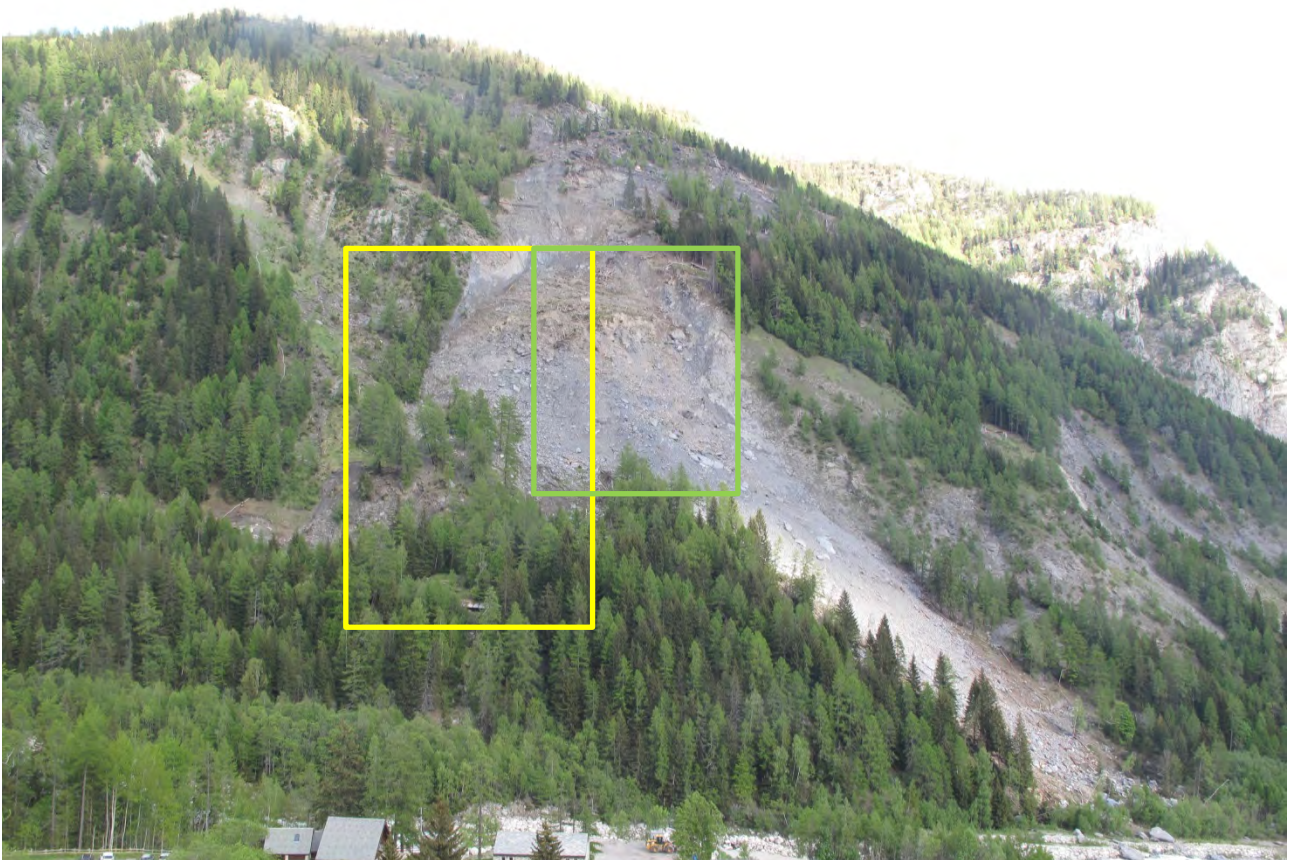


Figura 6.1 immagine ripresa dal sistema Meteoeeye installato presso Villa Cameron; nell'immagine sono presenti le due finestre di approfondimento che saranno qui di seguito mostrate nelle figure 6.2 (giallo) e 6.3 (verde).

Al fine di analizzare l'evoluzione del fenomeno sono state selezionate, in collaborazione con il Servizio Geologico della Regione Autonoma Valle d'Aosta, due sets di immagini sono a colori e a media risoluzione (sistema Meteoeeye) e a scala di grigi e caratterizzate da una risoluzione più alta (sistema Kria). Per quanto riguarda il Meteoeeye, in figura 6.2 viene proposto uno zoom del settore destro della parete frontale. Sebbene sia caratterizzato da una risoluzione più bassa, il sistema Meteoeeye abbraccia una porzione di frana più ampia e soprattutto ha ripreso anche la porzione di versante presente alla base della parete frontale. Per poter analizzare gli spostamenti, il set di immagini disponibili è stato riquadrato rispetto all'area qui di seguito riportata e lizzato in sequenza. Al fine di riportare sinteticamente i principali elementi individuati, in figura 6.2 viene proposto un confronto tra l'immagine del 9 e del 19 aprile. I punti A, B e C indicano degli elementi chiaramente distinguibili che hanno subito una traslazione verticale evidente. Come si può evincere dalla figura 6.2, in questo settore il corpo di frana è di fatto composto da un accumulo detritico eterogeneo con grossi blocchi. La foto-sequenza evidenzia chiaramente la traslazione verso il basso, ma consente anche di individuare (punto D) il limite tra l'area caratterizzata da elevati tassi di movimento e quella che invece non subisce degli sconvolgimenti così ingenti (testimoniati nell'immagine dal punto E). Se si considera in particolare il punto D, si può evincere dalla sequenza non tanto una componente di movimento verticale, quanto una tendenza ad uno spostamento pseudo-orizzontale testimoniato dal "rigonfiamento" della falda di detrito. Tale comportamento conferma quanto misurato dal punto topografico G2 ed evidenziato nel grafico 3.6.

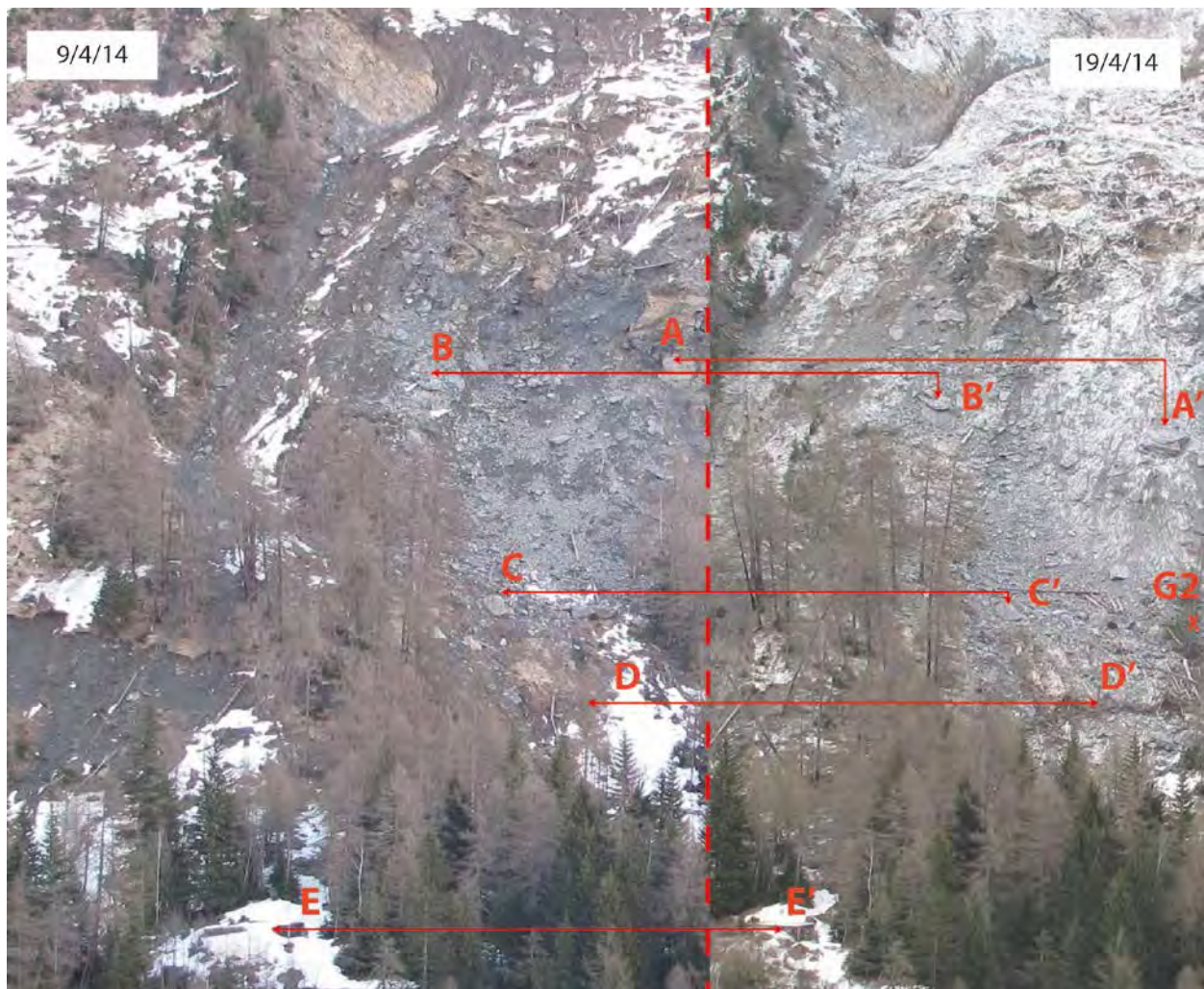


Figura 6.2 confronto del settore destro della parete frontale e dell'area immediatamente a valle

La figura 6.3 mostra invece il lato opposto della parete frontale (lato sinistro dominio C). Nell'immagine è stata evidenziata in rosso l'area esterna al dominio cinematico C, che, alla scala dell'analisi, può essere considerato come caratterizzato da tassi di movimento che rientrano nella tolleranza strumentale (la posizione del il punto B appare infatti immutata). Nel confronto delle immagini ci si è concentrati non tanto nell'analisi degli sconvolgimenti occorsi a causa dei crolli volumetricamente più ingenti che hanno caratterizzato questo settore, quanto sullo studio delle componenti di movimento attraverso l'individuazione di marker chiaramente riscontrabili nella sequenza di immagini. Il punto C evidenzia il punto più basso del lato sinistro della frana in cui il substrato fortemente fratturato e a tratti scompaginato che compone questo settore del corpo di frana sia chiaramente in movimento. Lo spostamento di tale punto ha una chiara componente verticale che evolverà di lì a poco nel crollo della porzione laterale sinistra (crolli del 20 e 21 aprile). Il punto D è stato evidenziato in quanto nella sequenza di immagini rappresenta il punto alla base del versante in cui il substrato emerge ancora chiaramente e non è coperto da una coltre di detrito in movimento. La visibilità di tale settore non è continua ed ottimale, ma gli spostamenti appaiono decisamente più modesti. Nel periodo di massima "crisi" in cui le velocità registrate sono state le più alte ed hanno portato ai crolli del 18-22 aprile, anche questo settore ha evidenziato degli spostamenti verticali non nulli ed è successivamente stato coinvolto nei crolli. I dati raccolti hanno evidenziato come, seppur con tassi di movimento molto diversi e che diminuiscono progressivamente dall'alto verso il basso, tutti gli affioramenti di substrato appartenenti al dominio C hanno una componente di movimento verticale.

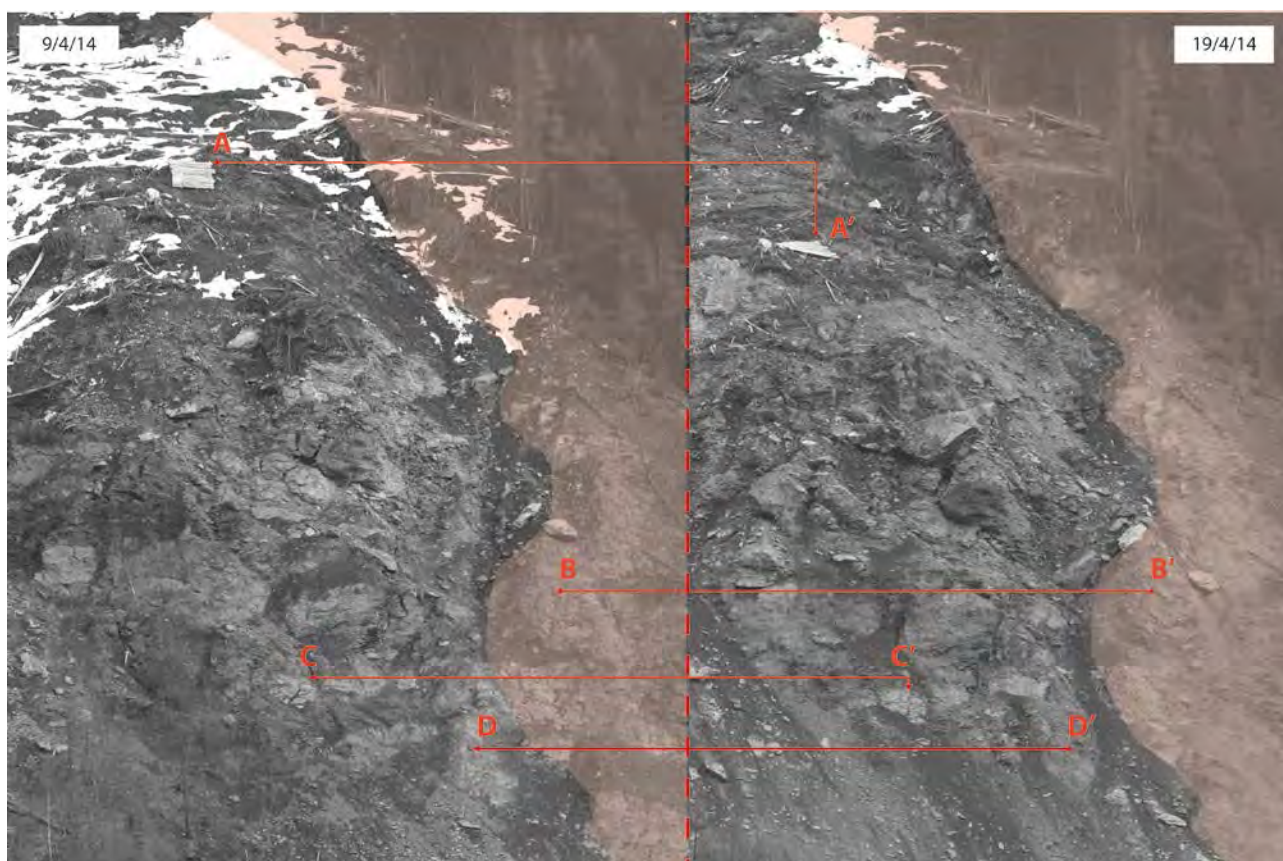


Figura 6.3 confronto delle immagini ad alta risoluzione del settore destro della parete frontale. Lo studio si è concentrato sugli affioramenti di substrato presenti alla base della parete al fine di utilizzarli come marker per la definizione degli spostamenti verticali.

Oltre ad un'analisi multi-temporale di tipo qualitativo, sono state condotte anche delle elaborazioni di tipo quantitativo finalizzate alla misura degli spostamenti ed alla loro caratterizzazione dal punto di vista della

distribuzione spaziale. La componente misurata in tali elaborazioni è quella verticale. Nella figura 6.4 viene presentato solo un esempio delle elaborazioni condotte sia dal GMG che da Kria.

17/04/2014 h08:30 - 18/04/2014 h08:30



18/04/2014 h08:30 - 18/04/2014 h11:30



Figura 6.4 elaborazioni pixel offset dell'area in frana. Come si evince dall'immagine in alto, queste elaborazioni possono essere svolte solamente in contesti in cui venga mantenuta una certa congruenza nella sequenza di immagini. Nel trimestre considerato, quindi, l'analisi su lunghi periodi non può essere condotta a causa dei crolli che modificano in maniera radicale la geometria dell'oggetto monitorato.

L'immagine 6.4 riporta i risultati ottenibili attraverso la tecnica del "pixel offset" dell'area caratterizzata da alti tassi di spostamento. Tale approccio permette di stimare la proiezione degli spostamenti sul piano focale della camera (ortogonale alla LOS). Data la configurazione e il punto di vista da FMS, si ha sensibilità soprattutto alla componente verticale dello spostamento della frana. I risultati sono in pixel e data la risoluzione della fotocamera risulta difficile identificare chiaramente il valore in centimetri (anche se è possibile valutarlo in circa 20cm/pixel). Confrontando tale dato con gli spostamenti verticali del T8 sullo stesso periodo di riferimento, i risultati appaiono abbastanza congruenti.

Grazie al sensore ad alta risoluzione disponibile, è inoltre possibile osservare quale sia stata l'evoluzione del settore A nel periodo di tempo considerato. La figura 6.5 riporta un confronto tra l'immagine del 10 aprile e quella del 28 giugno. La figura 6.5 consente quindi di apprezzare la forte variazione morfologica occorsa e l'importante traslazione della testata di frana che ha di fatto denudato un ampio tratto di versante che può essere considerato il nuovo contatto tra il dominio C e B (o anche la parete frontale di neo-formazione del dominio B).

Il confronto delle due immagini dimostra inoltre come la porzione di substrato fratturato e a tratti disarticolato che costituiva la parete frontale è stato quasi completamente smantellato dai crolli che si sono succeduti in particolare nel mese di aprile. I principali eventi di crollo individuabili dal confronto delle immagini sono quello del 12 aprile, a cui fa seguito una sequenza che nel periodo 18-22 aprile.

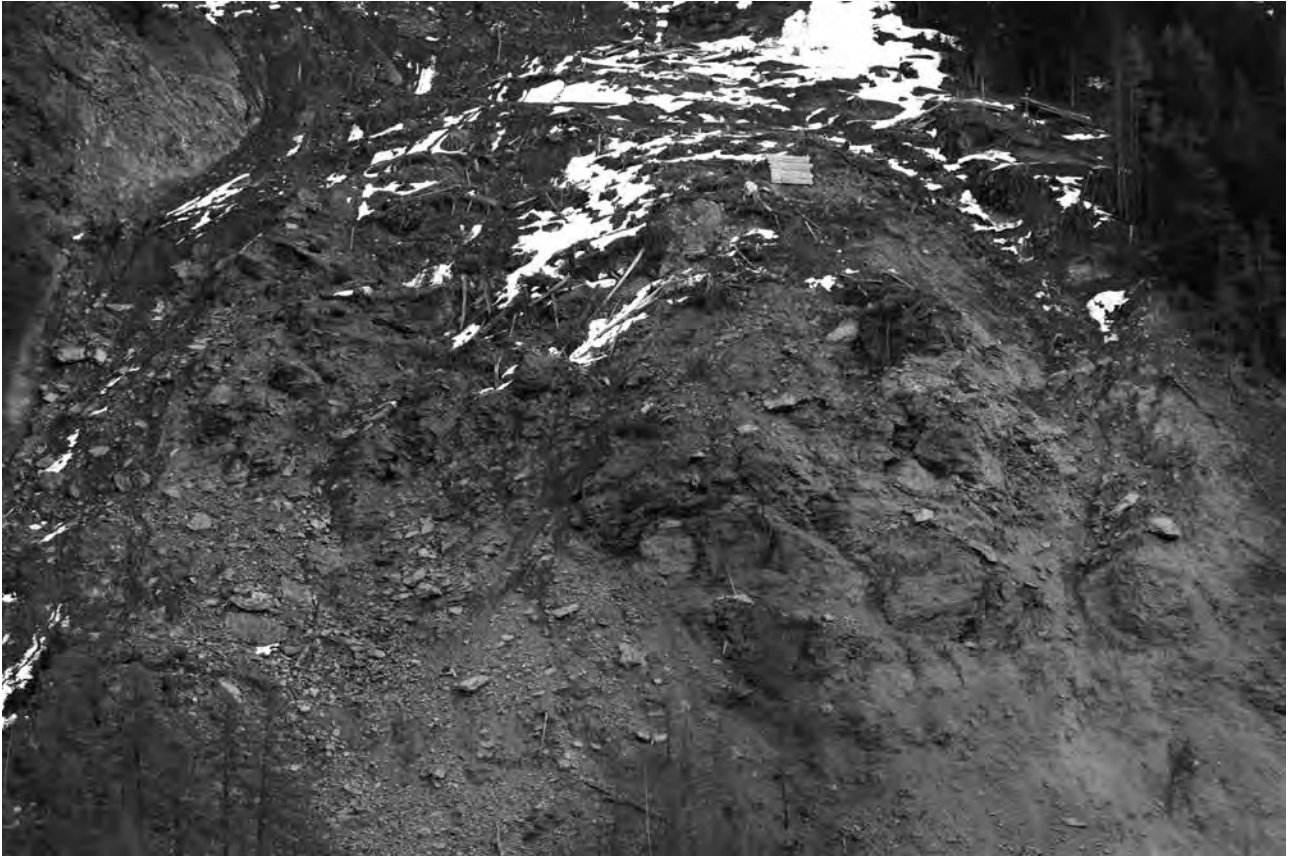


Figura 6.5 confronto 10/4/14 (alto) e 28/6/14 (basso)

7. CONFRONTO DATI LiDAR

L'ultimo dato presentato riguarda i rilevamenti LiDAR. Le analisi fanno riferimento ai due rilievi rispettivamente eseguiti il 3/7/2013 e il 9/6/2014. Prima di entrare nel merito dei risultati sino ad ora ottenuti, si fa presente che il bollettino trimestrale non ha come obiettivo quello di condurre uno studio approfondito dei dati LiDAR. Questo capitolo deve quindi essere considerato come un primo report relativo allo studio dei dati LiDAR disponibili, che viene proposto in appoggio e/o integrazione alle altre fonti di dati.

Le immagini qui di seguito presentate riguardano una serie di elaborazioni di base effettuate sia sulle ortofoto che sui DTM derivanti dai due rilevamenti. La figura 7.1 presenta un confronto tra l'ortofoto dell'area in frana del 2014 e del 2013. I tratti salienti visibili nelle immagini sono:

- i) lo smantellamento della parete frontale visibile sino al 2013 (A_2013);
- ii) la creazione di un cono detritico sul fianco sinistro del corpo di frana che si protende sino alla Dora (B_2014);
- iii) la creazione di una superficie più o meno continua che è, allo stesso tempo, la nicchia di distacco del dominio C e la parete frontale del dominio B (C_2014);
- iv) i segni di attività del fenomeno franoso posto lungo il margine destro e monitorato dal prisma G3 (D_2014)

La stessa visualizzazione viene proposta anche in modalità "shaded relief", grazie alla quale è possibile apprezzare le modifiche morfologiche della base del versante. Uno dei punti più interessanti è l'area a ridosso del punto G2. Lo shaded relief evidenzia un rigonfiamento ed un avanzamento dell'accumulo presente sul lato destro della frana (E_2014).

Lo shaded relief permette anche di riconoscere chiaramente la formazione di un cono detritico che dell'originale base della parete ormai si estende sino alla base del pendio, lambendo la Dora della Val Ferret (F_2014).

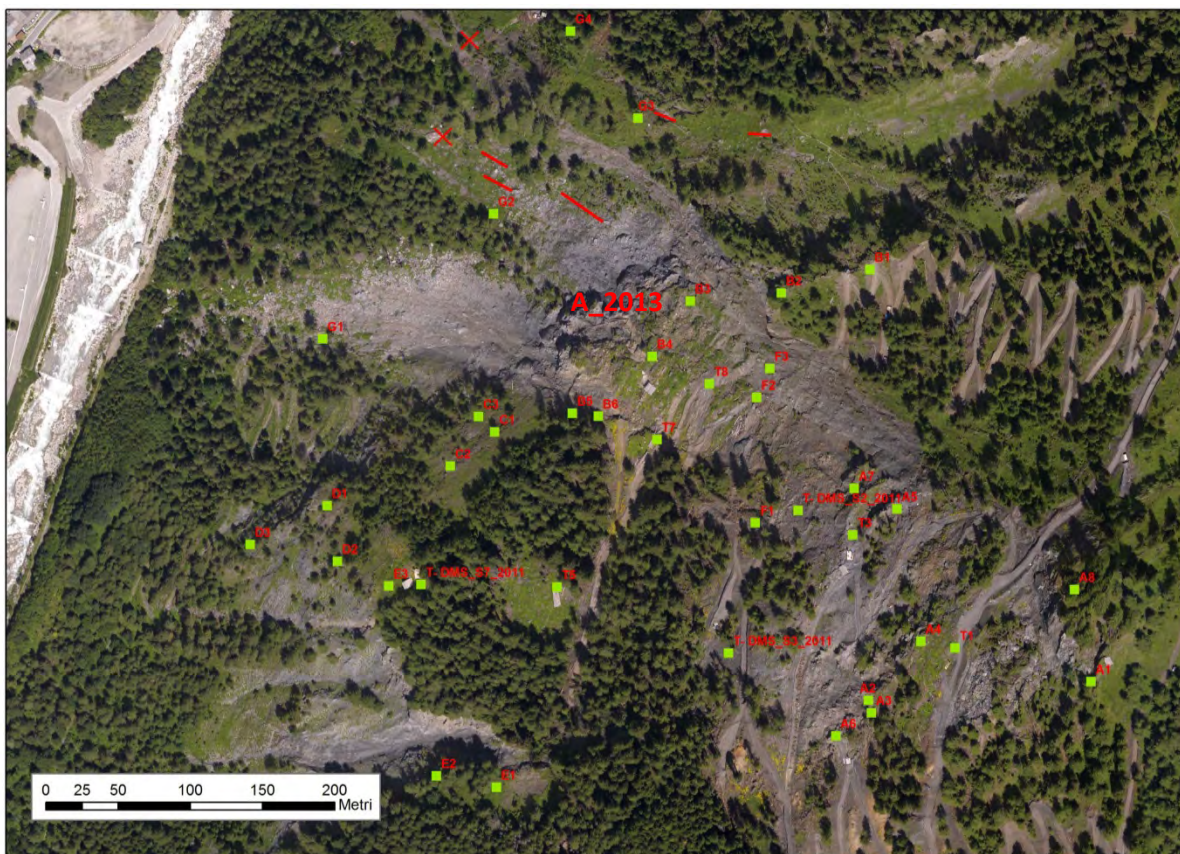
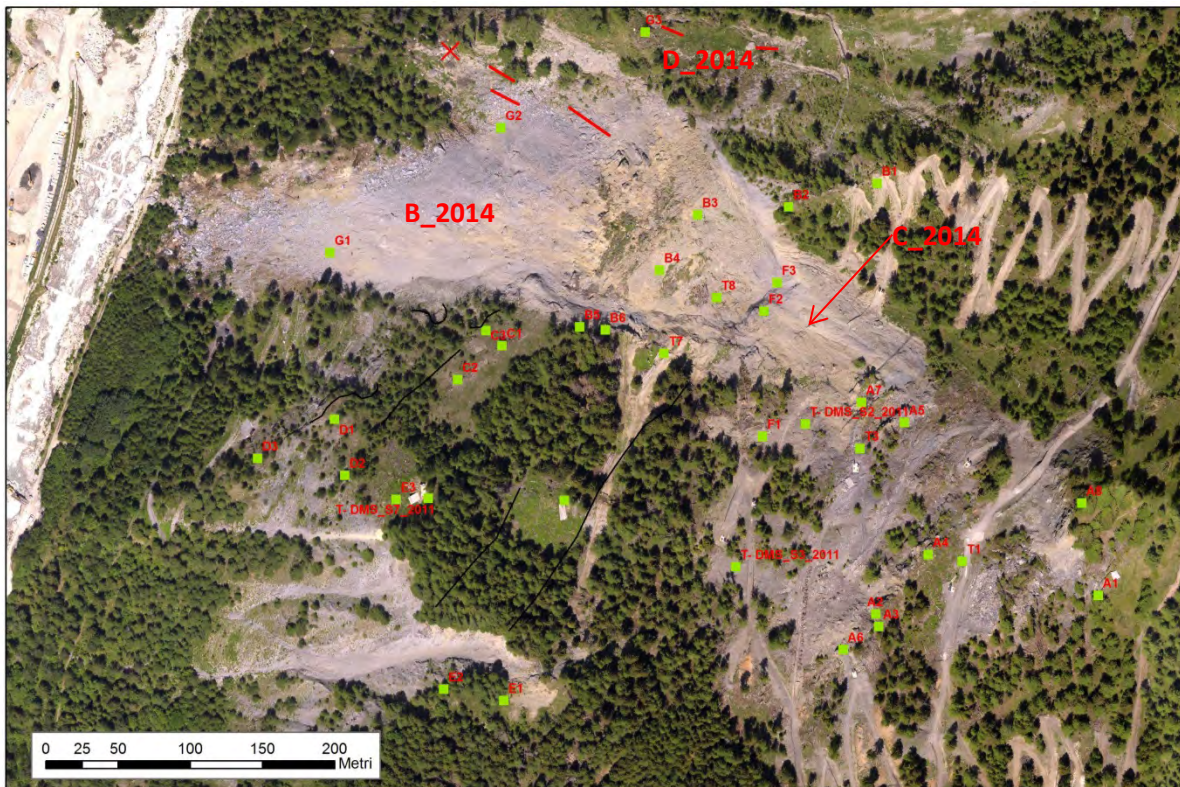


Figura 7.1 Ortofoto 2014 (in alto) e 2013 (in basso) del versante in frana

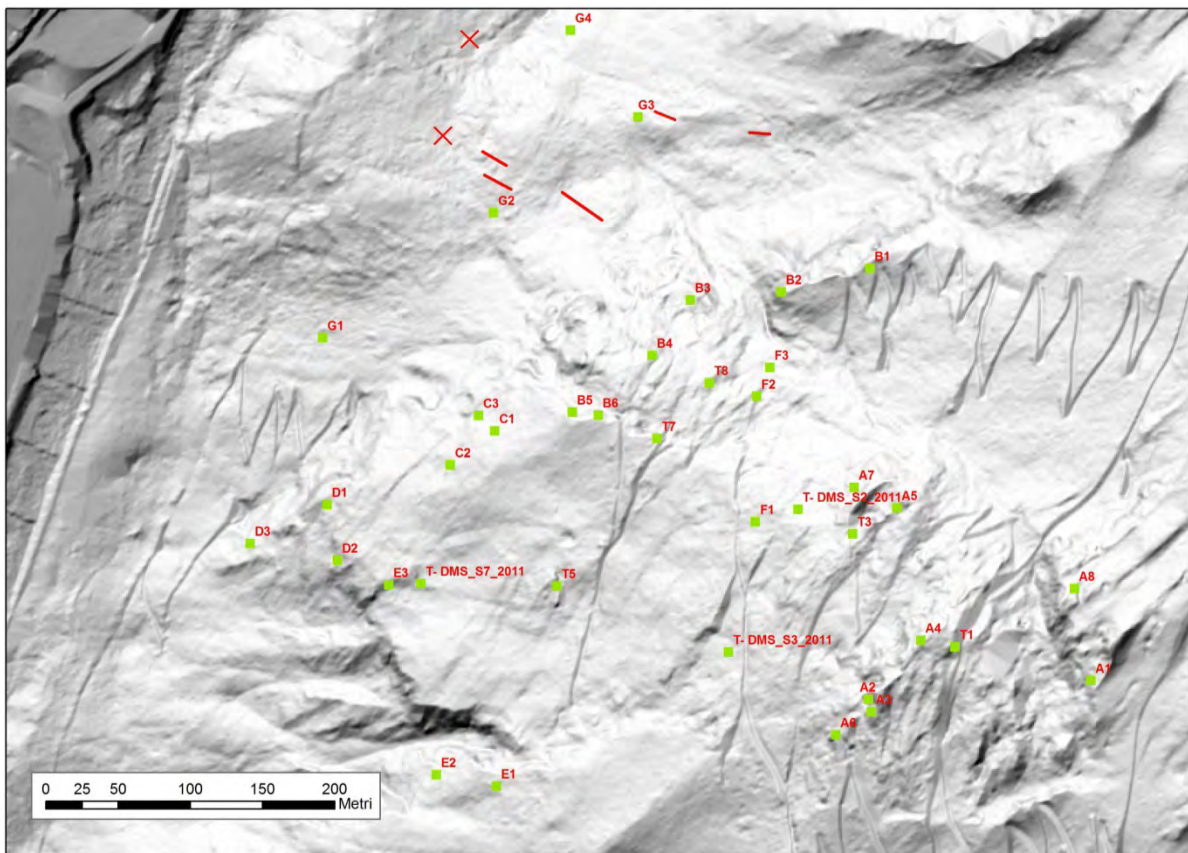
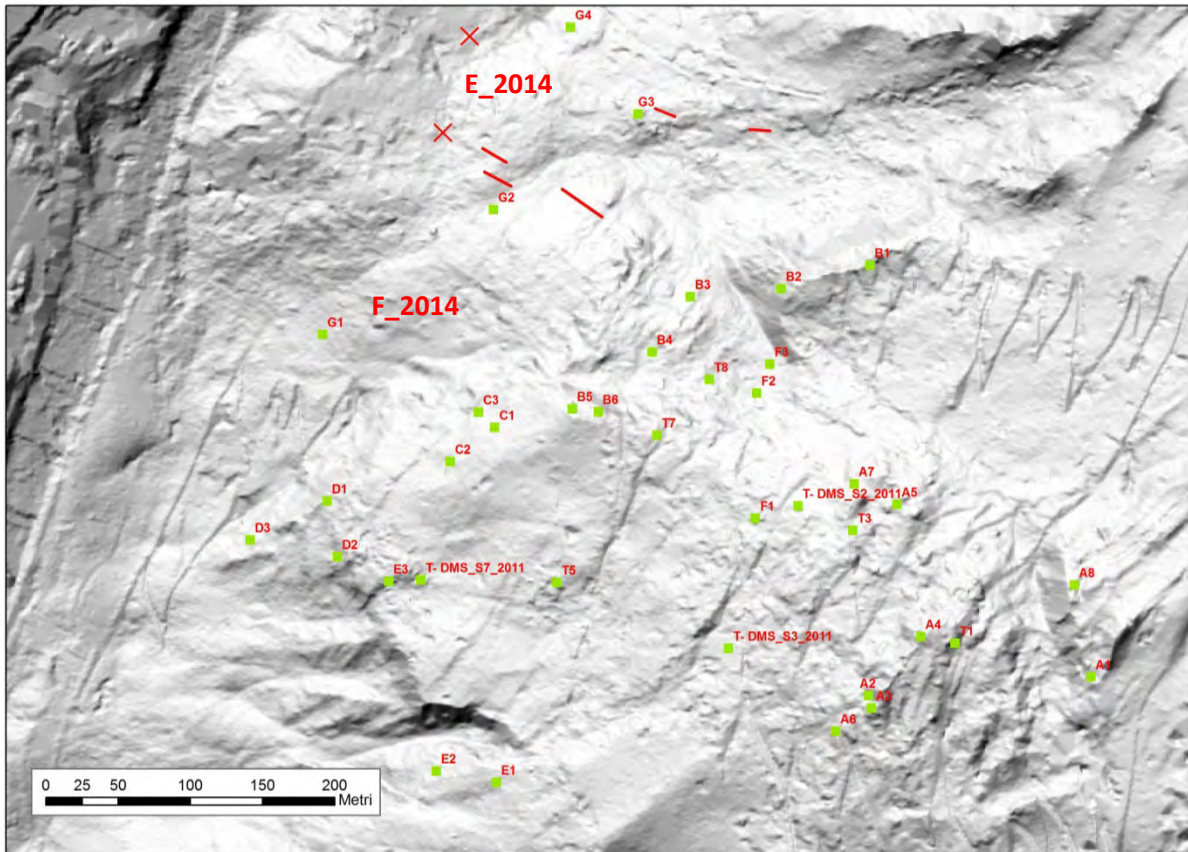


Figura 7.2 Shaded relief 2014 (in alto) e 2013 (in basso) del versante in frana

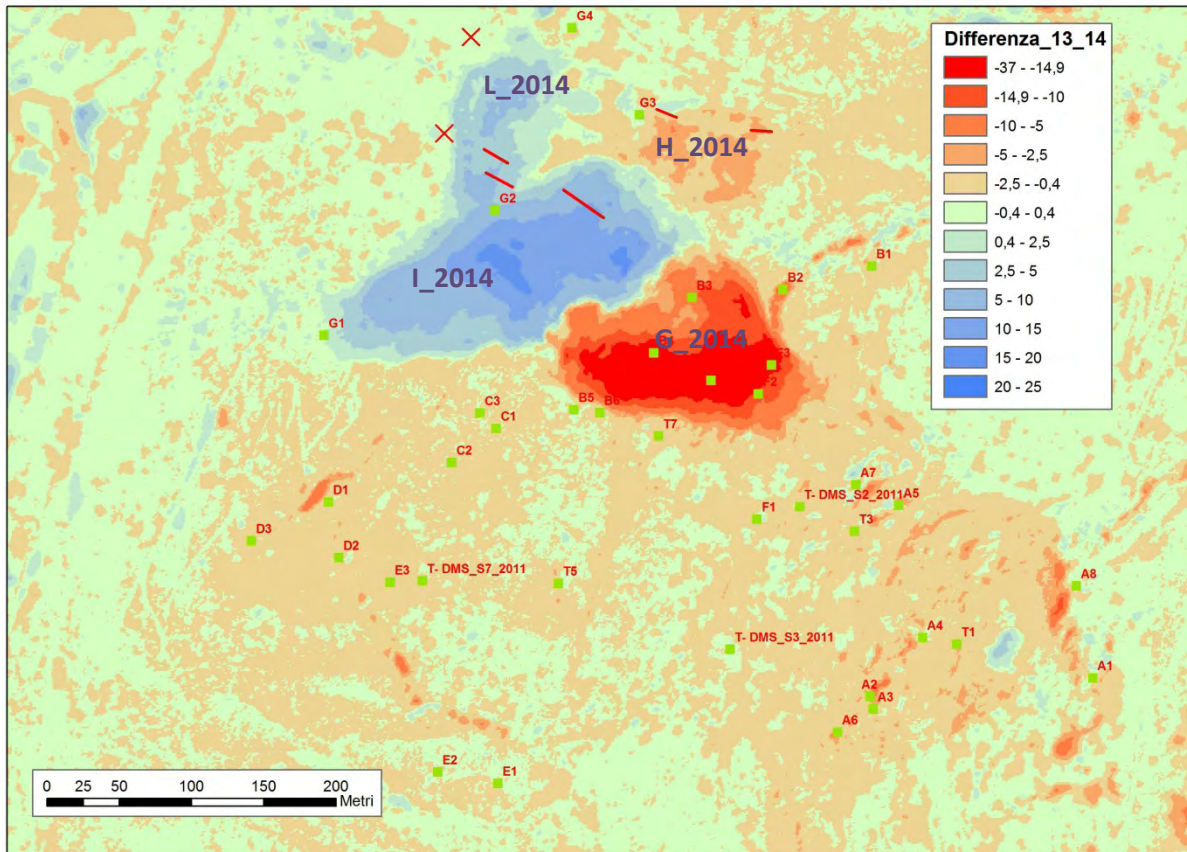


Figura 7.3 differenza di DTM nel periodo 2013 – 2014 eseguita su grigliati regolari a maglia 1 m; i valori relativi alla differenze sono espressi in metri.

Per evidenziare con maggior chiarezza le variazioni occorse è stata prodotta la figura 7.3 che mostra un confronto tra i due DTM prodotti. Le aree in rosso più marcato indicano i settori in cui si è avuta una variazione altimetrica negativa che corrisponde all'area sorgente dei fenomeni franosi più "veloci". Ovviamente l'area maggiore è legata all'evoluzione del dominio C (G_2014), mentre sul lato destro della frana si possono riconoscere gli effetti dell'evoluzione del fenomeno franoso minore (H_2014). Per quanto riguarda gli accumuli, il cono detritico che deriva dallo smantellamento del dominio C è indicato con il punto I_2014, mentre l'accumulo della frana laterale è indicato con il punto L_2014.

Anche da questa figura risulta evidente come uno dei settori più complessi sia il settore alla base della parete e pertanto si è provveduto alla produzione di due approfondimenti dedicati esclusivamente a tale area (figura 7.4). La figura 7.4 presenta un dettaglio delle ortofoto nella quale sono stati identificati con dei tratti i vettori di spostamento di punti chiaramente riconoscibili nelle due immagini. Al fine di evidenziare non solo i settori in movimento ma anche quelli non caratterizzati da spostamenti (alla scala dell'indagine) che sono stati indicati con delle X. L'immagine mostra le direzioni di movimento dei marker chiaramente identificabili. Gli spostamenti sono paralleli ed evidenziano come difficilmente gli spostamenti dell'area del G2 (vettori A1 e A2) possano essere imputati al fenomeno laterale (vettori A3 e A4). Le due X, così come il punto G4 rappresentano dei marker caratterizzati da spostamenti trascurabili. Il vettore A5 costituisce un trasferimento del dominio C. I dati evidenziano, così come anticipato nel capitolo, che il settore posto alla base della parete ha subito una traslazione che non può essere ricondotta al fenomeno franoso minore

laterale. La possibilità che tale attività sia legata all'azione dell'unghia del dominio C appare altamente probabile anche se non verificabile direttamente.

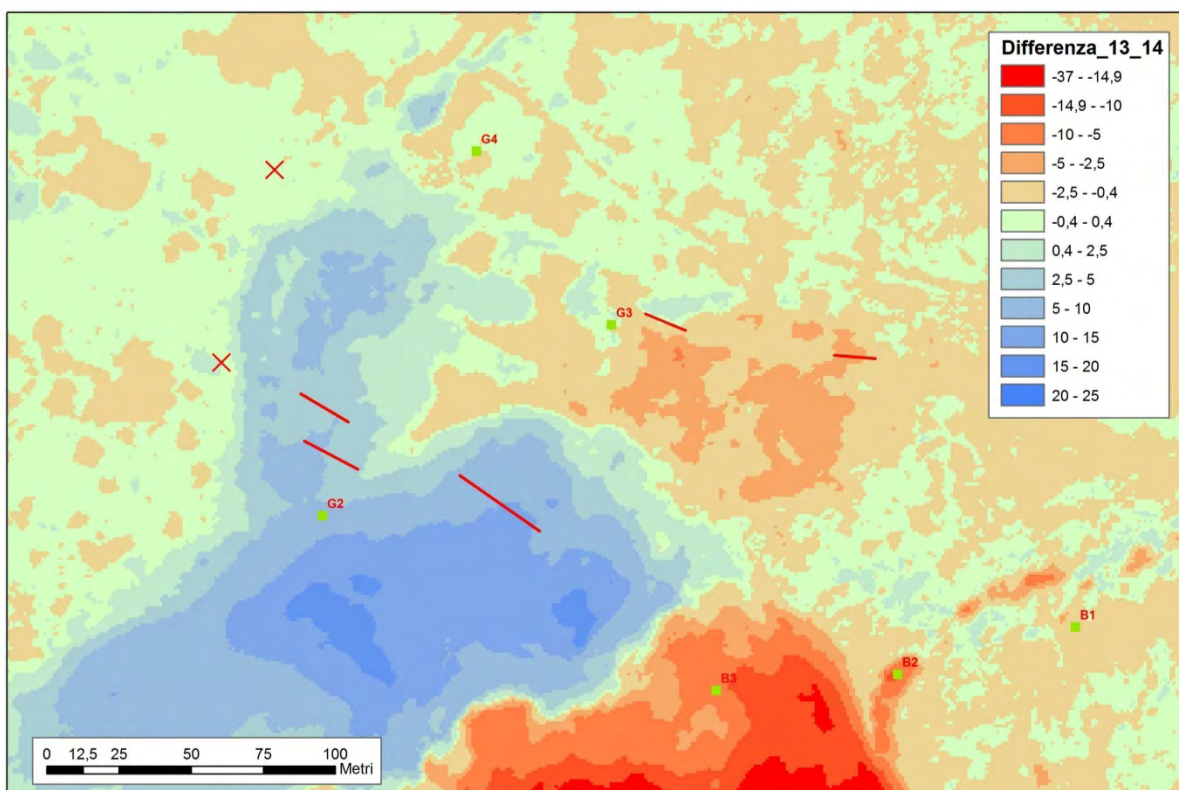
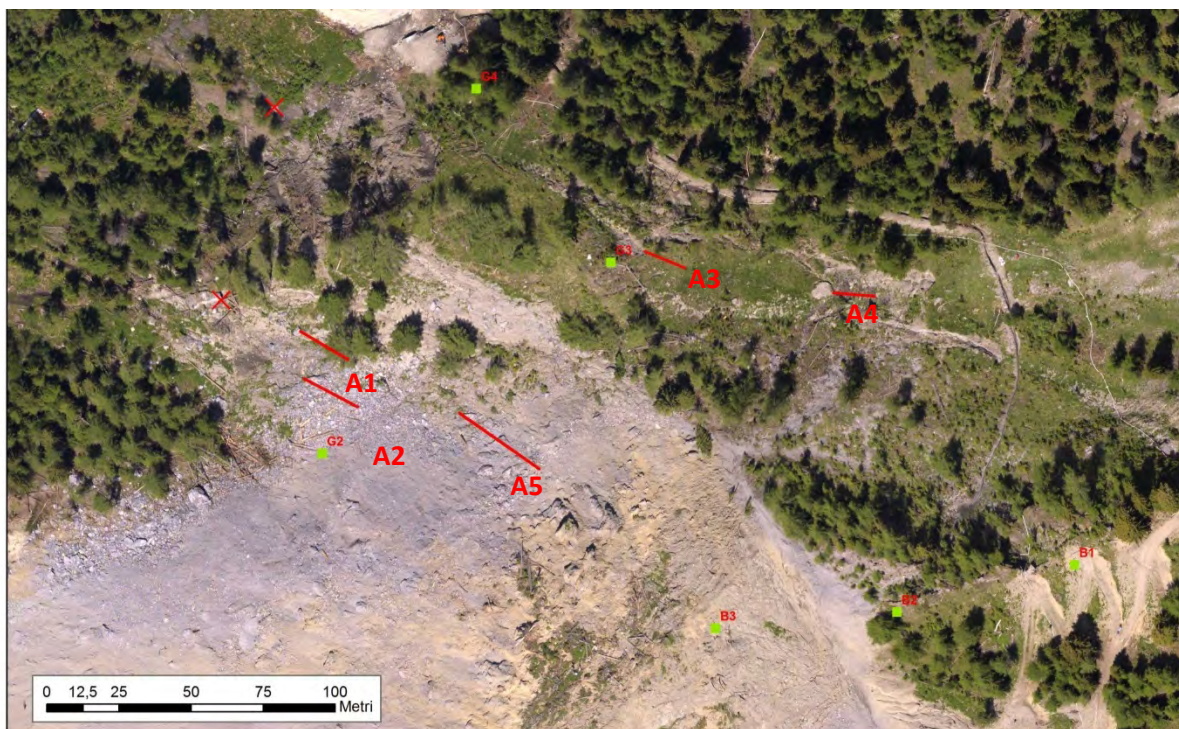


Figura 7.4 A) ortofoto 2014 del settore G3; in rosso le tracce di spostamento degli oggetti chiaramente riconoscibili nelle foto 2013 – 2014. Le X indicano punti non in movimento (considerando le tolleranze del metodo) B) dettaglio del confronto di DTM per la medesima area (eseguita su grigliati regolari a maglia 1 m, i valori relativi alla differenze sono espressi in metri.)

In figura 7.5 viene invece presentato il confronto tra le ortofoto del 2014 e 2013 relativo al fianco sinistro del fenomeno franoso. Le immagini mostrano in maggior dettaglio l'evoluzione della parete frontale e del deposito detritico frontale e laterale sinistro. Sempre nella figura sono indicati in rosso i due massi di maggiori dimensioni che hanno raggiunto il letto della Dora.

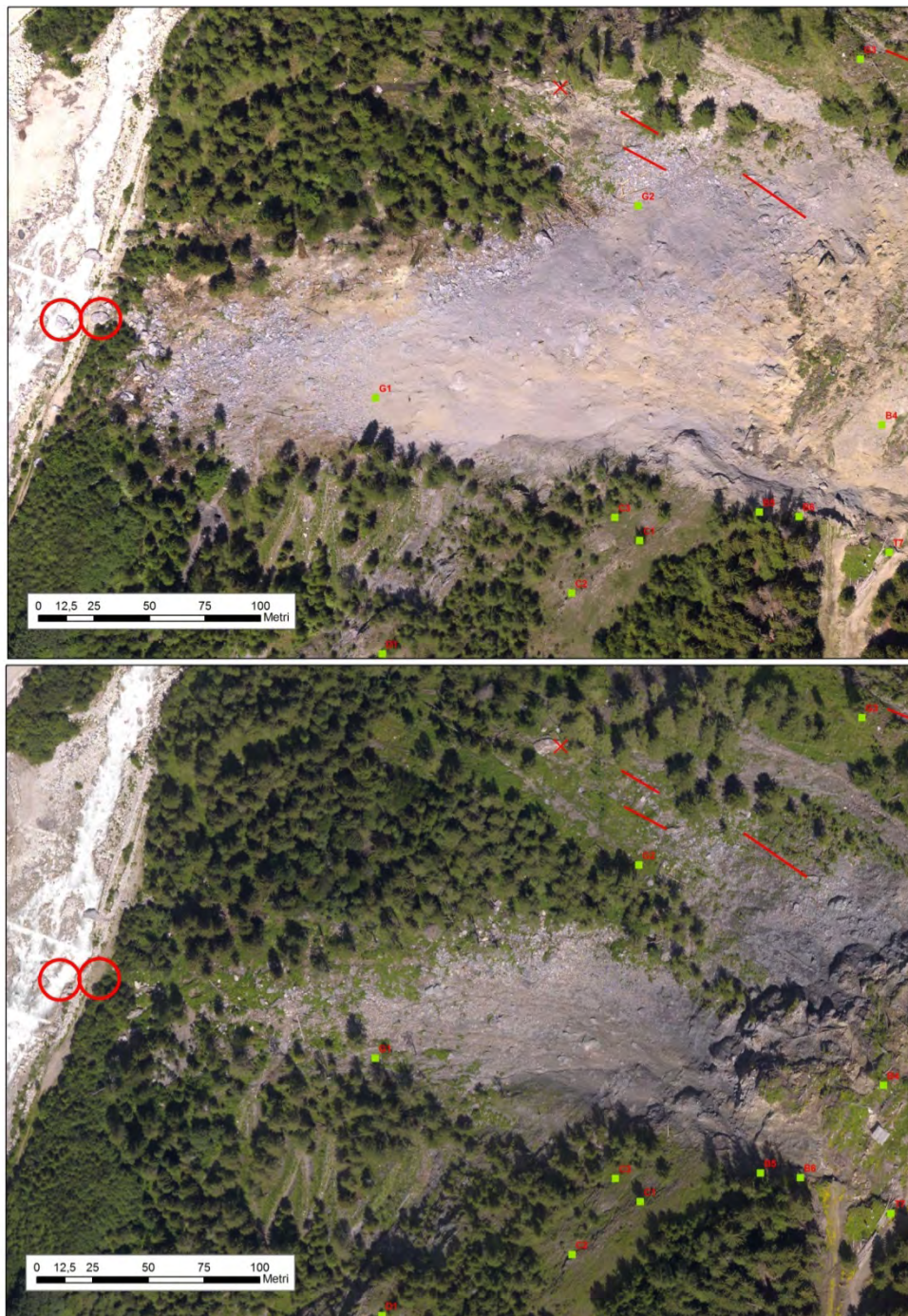


Figura 7.5 ortofoto 2014 (in alto) e 2013 (in basso) del cono detritico formato dai progressivi crolli in corrispondenza al lato sinistro del settore C. I cerchi rossi evidenziano i massi di dimensione più rilevante chiaramente identificabili che hanno raggiunto la distanza maggiore dalla zona sorgente

8. SINTESI DEI DATI PRESENTATI

Nei capitoli precedenti sono state presentate diverse fonti di dati che hanno consentito di raccogliere, da vari punti di vista, informazioni relative all'andamento del fenomeno franoso nel suo complesso. Ovviamente l'attenzione è stata rivolta in modo particolare al dominio C, che ha fatto registrare velocità molto elevate ed ha portato ad un livello di emergenza mai raggiunto in precedenza. Il presente bollettino ha il compito primario di presentare i dati raccolti, evidenziando gli elementi considerati dagli scriventi più importanti e rappresentativi. Al fine di fornire un ulteriore supporto alla Committenza, verrà in questo capitolo presentata una breve sintesi dei dati raccolti che deve essere considerata non tanto come un'interpretazione definitiva del fenomeno, quanto come un'ipotesi di lavoro finalizzata a stimolare un confronto costruttivo su temi specifici che vengono al momento considerati i punti chiave per l'interpretazione dei fatti occorsi nel periodo considerato.

Il dominio C ha fatto registrare una progressiva accelerazione concomitante al periodo di fusione del manto nevoso presente in corpo frana ed ha raggiunto velocità elevatissime. La deformazione di tale settore ha anche in questo caso fatto registrare dei gradienti verticali, con velocità più elevate nella zona di testata della frana e velocità più basse alla base della parete frontale. Tale elemento non può non essere considerato con estrema attenzione, in quanto è caratteristico del fenomeno considerato. Seppur parziali, i dati disponibili non hanno evidenziato predominanti componenti di movimento rotazionali che potrebbero essere una spiegazione di tale gradiente. Sono inoltre stati misurati dei rigonfiamenti del settore a valle della parete frontale (leggasi settore limitrofo al prisma G2), che possono essere considerati come l'effetto degli spostamenti di una falda di detrito, ma anche come l'evidenza della spinta dell'unghia della frana, qualora si ritenesse che la posizione dell'unghia della frana non sia alla base della parete ma più bassa e quindi mascherata dal detrito stesso. Una misura diretta della posizione di tale superficie in questo settore non è disponibile e verosimilmente non lo sarà nemmeno in futuro. Quello che tuttavia emerge dallo studio delle immagini (cap. 6) è la mancanza di una chiara evidenza della presenza di una superficie di movimento alla base della parete, dove i pochi dati disponibili sembrano evidenziare una componente di movimento verso il basso e non una componente di movimento prevalentemente orizzontale. Esiste dunque la possibilità che la superficie di movimento del dominio C si trovi in una posizione compresa tra la base della parete e il prisma G2 e che tale posizione abbia in qualche modo condizionato l'evoluzione di questo settore. Per quanto riguarda il dominio B, al momento l'elemento più importante che deve essere sottolineato è la progressiva venuta a giorno delle superficie di movimento del dominio C, che costituisce anche il limite frontale del dominio B. Al momento, tale dominio non mostra segni di un aumento dell'instabilità legata a questa variazione delle geometrie, che comunque andrà attentamente considerata in futuro. Per quanto riguarda il dominio A, i dati del secondo trimestre del 2014 hanno fatto registrare dei tassi cumulati di spostamento inferiori a quelli del 2013. Questo deve necessariamente essere visto come un segnale positivo, che tuttavia è di difficile interpretazione. Le uniche due variazioni nelle condizioni al contorno appaiono, allo stato attuale delle conoscenze, un valore cumulato del manto nevoso della stagione 2013-2014 inferiore rispetto a quello del 2012-2013 e l'effetto dei dreni. Definire quali dei due fattori abbia avuto maggior effetto su questa diminuzione dei tassi di movimento è allo stato attuale estremamente difficile ed esula dagli obiettivi del presente bollettino. Ovviamente, la soluzione più verosimile potrebbe essere quella che vede questi due fattori agire congiuntamente.

Torino, 17 luglio 2014

Geohazard Monitoring Group