

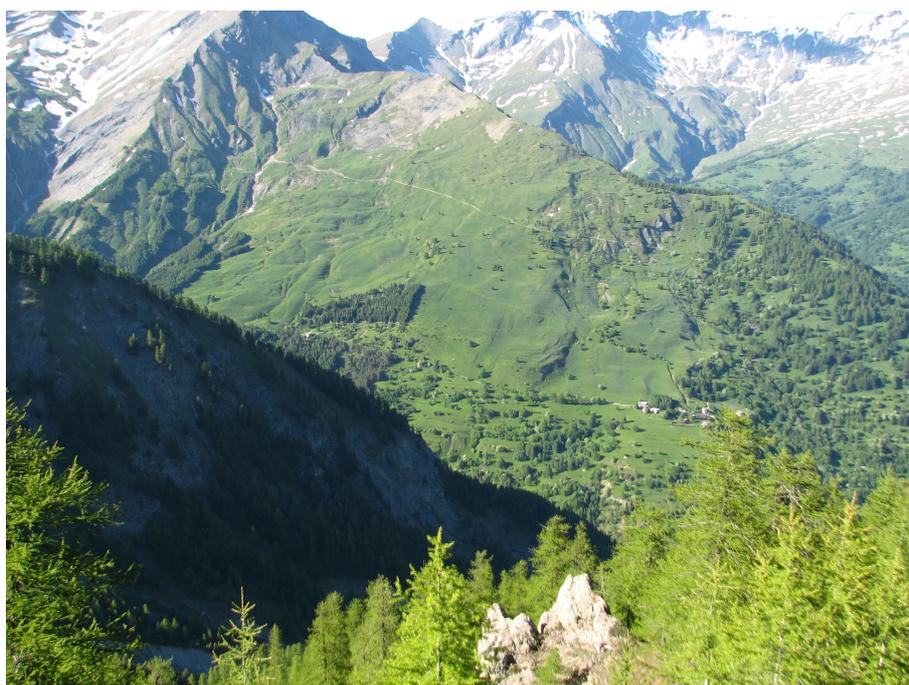


Progetto ALCOTRA RISKNAT
Azione B2
SISTEMA INFORMATIVO FRANE IN PIEMONTE
Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento

Provincia di Torino

Comune di Bardonecchia

località Grange della Rho



Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto – ARPA Piemonte
Ultimo aggiornamento della scheda Maggio2012

In prima pagina panoramica del versante sinistro del vallone della Rho, foto Arpa Piemonte

Indice

1	Premessa.....	4
2	Introduzione.....	5
3	Informazioni e dati disponibili.....	7
3.1	Documentazione disponibile.....	7
3.2	Studi pregressi.....	10
3.3	Indagini geognostiche.....	10
3.4	Quadro relativo a vincoli ed aspetti normativi.....	14
3.5	Danni.....	16
3.6	Voli aerei disponibili.....	17
3.7	Dati interferometrici.....	18
4	Analisi del dissesto.....	21
4.1	Inquadramento geologico-strutturale.....	21
4.2	Analisi geomorfologica.....	23
4.3	Analisi dati strutturali.....	26
5	Sistemi di controllo.....	27
5.1	Inclinometri	27
5.2	Dati topografici GPS.....	32
6	Pericolosità e rischio.....	35
6.1	Interventi realizzati.....	35
6.2	Possibile evoluzione del fenomeno (scenari).....	35

1 Premessa

La presente scheda di approfondimento al III livello del SIFraP (Sistema Informativo Frane in Piemonte) è stata realizzata nell'ambito del progetto INTERREG Alcotra RISKMAT. La quasi totalità delle informazioni riportate nella scheda derivano dalle valutazioni effettuate dal Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto di Arpa Piemonte ed in parte dall'attività del Gruppo di Lavoro istituito in seno alla Direzione OOPP della Regione Piemonte nell'ambito della *“Convenzione tra il la Direzione OOPP della Regione Piemonte e Arpa Piemonte per l' Analisi delle aree a rischio individuate nel piano per l'assetto idrogeologico e nelle successive fasi attuative ai fini della mitigazione del rischio”* (DD regionale 2781/db1400 del 27/11/09; DDG di Arpa 128 del 15/12/2009) e relative all'area RME 119-PI-TO Bardonecchia (Provincia di Torino).

2 Introduzione

La frana di Grange della Rho (codice identificativo SIFraP 001-00005-07) è ubicata lungo il versante destro della valle della Rho, nel Comune di Bardonecchia (TO). Il dissesto coinvolge un'area di circa 700'000 m², a partire dalla zona di cresta, posta a quota 2090 m slm circa, ed il fondovalle a quota 1470 m slm, per un dislivello complessivo di circa 620 m. Il versante presenta esposizione pressoché costante verso sud-ovest ed è caratterizzato da una modesta acclività, con valore medio di 22°. L'uso del suolo prevalente è a pascolo naturale nella parte altimetricamente più elevata, mentre nel settore mediano-inferiore è presente anche vegetazione arbustiva ed alberi ad alto fusto. L'unica area urbanizzata è la frazione di Grange della Rho (quota 1680 m slm), presente nella parte mediana del versante.

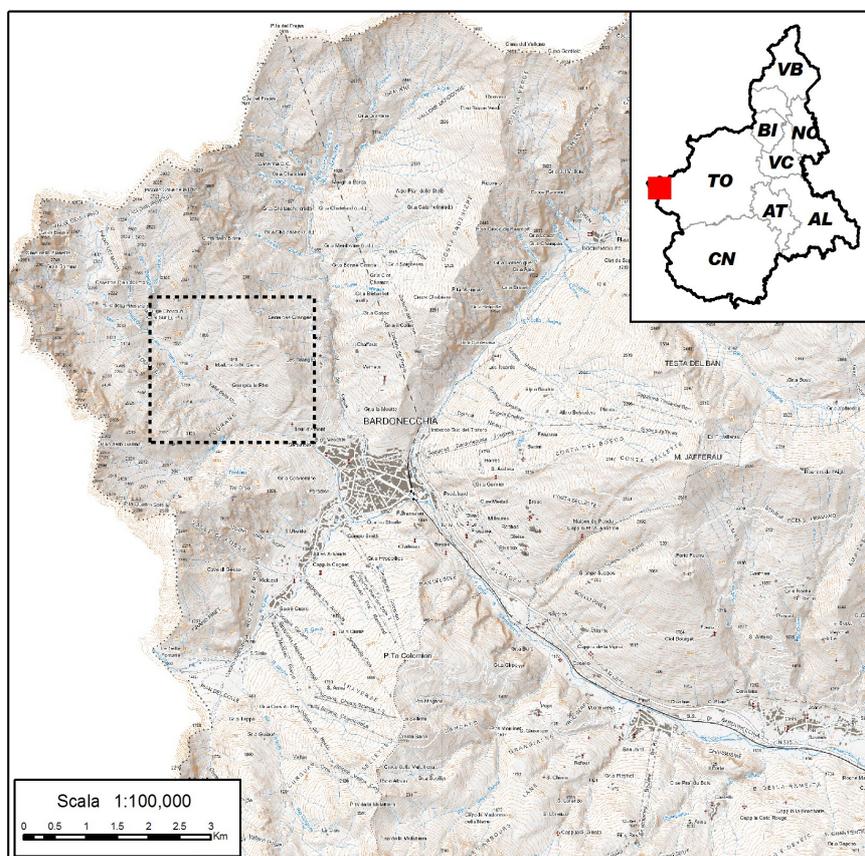


Figura 2.1 - Stralcio cartografia scala 1:100.000 con localizzazione indicativa del dissesto (linea tratteggiata nera).

Il dissesto è compreso all'interno dell'ampio settore in deformazione gravitativa profonda che interessa buona parte del versante sinistro della valle della Rho. Il movimento si sviluppa prevalentemente per colamento lento e continuo della coltre detritica superficiale e dell'ammasso roccioso disarticolato. In epoca storica non sono riportati fenomeni di particolare rilevanza, escluse alcune riattivazioni locali di dissesti secondari (vedi par. 3.1). Viceversa, esiste una dettagliata documentazione d'archivio, con dati fin dal XVIII secolo, che indica come nel corso della storia il Torrente Rho si sia dimostrato particolarmente

attivo dal punto di vista idrogeologico, dando luogo a ricorrenti eventi d'intensa attività torrentizia che hanno coinvolto l'abitato di Bardonecchia, creando danni anche gravi.

Al fine di acquisire informazioni sui fenomeni in atto lungo i versanti, che possono, direttamente o tramite interazione con la rete idrografica, determinare condizioni di rischio per l'abitato di Bardonecchia, è stato predisposto da Regione Piemonte un sistema di monitoraggio mediante capisaldi GPS, colonne inclinometriche, piezometri e inclinometri con misurazione in continuo (TDR). Il sistema, attivo dal 2002, è in carico al Comune di Bardonecchia; le letture degli strumenti vengono garantite dai tecnici di Arpa Piemonte.

3 Informazioni e dati disponibili

3.1 Documentazione disponibile

I principali lavori disponibili nell'archivio FONTI di Arpa Piemonte per l'area in esame sono elencati in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 - Riepilogo documentazione disponibile nell'archivio FONTI di Arpa Piemonte

Codice Fonti	Titolo	Tipo	Autore	Anno
219376	Corografia e relazione sul bacino montano del Torrente Rho in comune di Bardonecchia	Studio		1913
219361	Progetto di massima per la sistemazione del bacino montano del Torrente Rho	Studio		1913
16366	Riferimento alla minaccia di allagamenti a Bardonecchia da parte del torrente "la ro" (rho), dopo una frana staccatasi dal monte "las ronias" (tuttora in movimento). Proposta di arginare il torrente, lateralmente all'abitato.	Articolo		1879
16402	Piena del fiume dora riparia e dei torrenti gelassa e rho ("la ro"). Allagamenti (gelassa) a susa. Erosione di sponda del torrente rho a Bardonecchia, due vittime, riferimento ad allagamenti del 1875-1876.	Articolo		1879
221958	Lavori di pronto intervento in comune di Bardonecchia per esondazioni torrenti Rho e Frejus	Elaborato	Ministero dei Lavori Pubblici - Stazione Radiotelegrafica	1966
222003	Lavori di somma urgenza per ripristino arginatura in sinistra del torrente Melezet e del torrente Rho, Bardonecchia	Studio	Torino Genio Civile	1957
221942	Lavori di somma urgenza per lo sgombero di materie alluvionali dall'alveo del torrente Rho (Bardonecchia)	Studio	Torino Genio Civile	1968
913	Istanza del comune acquedotto di valle rho. Progetto di captazione di nuove sorgenti e parziale rifacimento della condotta. Comune di Bardonecchia	Studio		1989
222033	Relazione di sopralluogo in comune di Bardonecchia per franamento nel bacino del torrente Rho	Studio	Corpo Forestale dello Stato	1955
221860	Danni alluvionali nel comune di Bardonecchia	Studio	CNR IRPI	1973
222111	Movimento franoso in località Grange la Rho e Madonna di M. Serrat (Bardonecchia)	Studio	Comune di Bardonecchia	1977
22012	Carta dei movimenti gravitativi delle Alte Valli di Susa e Chisone - scala 1:25.000.	Cartografia	Regione Piemonte - Direzione Regionale dei Servizi Tecnici e Prevenzione	1985
3213	Interreg IIC - Raccolta e organizzazione di dati territoriali; valutazione di pericolosità e rischio da fenomeni naturali e predisposizione di piani comunali di protezione civile.	Studio	Regione Piemonte - Settore prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico	2000
232857	Comune di Bardonecchia - Progetto di monitoraggio dei versanti ad ovest del concentrico, lungo la valle del Rho. Progetto definitivo/esecutivo. Relazione geologica.	Studio	Regione Piemonte - Settore prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico	2001
228937	Progetto CARG - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio n. 153 (Bardonecchia)	Cartografia	Regione Piemonte - APAT	2002
310348	Convenzione tra la Direzione OOPP della Regione Piemonte e Arpa Piemonte per l'Analisi delle aree a rischio individuate nel piano per l'assetto idrogeologico e nelle successive fasi attuative ai fini della mitigazione del rischio	Studio	Arpa Piemonte, Regione Piemonte	2010

I documenti indicati in grassetto sono di carattere più generale ed interessano il bacino della Rho o in alcuni casi l'intero territorio della media-alta Valle di Susa: tra questi di particolare rilevanza *Carta Geologica d'Italia - Progetto CARG - Foglio 153 (Bardonecchia)*, e la *Carta dei movimenti gravitativi delle Alte Valli di Susa e Chisone* (Fonte **22012**), redatta dalla Regione Piemonte negli anni '80 - '90, dove viene riportata la perimetrazione del fenomeno. Anche la cartografia allegata al progetto Interreg IIC - *Raccolta e organizzazione di dati territoriali; valutazione di pericolosità e rischio da fenomeni naturali e predisposizione di piani comunali di protezione civile* (Fonte **3213**), classifica l'area come "frana per colamento" e riporta l'area come "frana a pericolosità elevata" nella cartografia degli scenari di pericolosità. Gli studi indicati in carattere normale (Tabella 3.1) contengono informazioni più puntuali, legate a segnalazioni di fenomeni e danni avvenuti. In particolare lo studio **222033** riporta le risultanze del sopralluogo effettuato il 27 aprile 1955 dai funzionari del Corpo Forestale dello Stato, dove viene indicato che: *"lungo l'asta del Torrente Rho, a quota 1560 circa, (Tavoletta IGM al 25.000: Punta Frejus - longitudine 5°46'47" - latitudine 45°05'09") sulla sinistra idrografica, si è verificato nella corrente primavera, a seguito della fusione dell'abbondante coltre nevosa, dal versante esposto a mezzogiorno, un franamento di proporzioni imponenti. La frana ha interessato un tratto di terreno lungo oltre 100m, con una larghezza ed uno spessore medio rispettivamente di 50 e 3 m (lo spessore va da un minimo di 1 m ad un massimo di 7 m circa). Il materiale si è depositato in buona parte nell'alveo del torrente Rho, formando, in un primo tempo, un vero e proprio sbarramento. Il corso del torrente si è successivamente creato uno stretto passaggio, attraverso lo sbarramento terroso.*

Lo studio **222111** riporta notizie in merito a danni prodotti dal dissesto di grange della Rho e della Madonna di Serrat: *"dal sopralluogo effettuato si rileva che la strada è interrotta a circa 350m a valle della Grange della Rho e che la condotta metallica del Civico acquedotto proveniente dalle sorgenti de Py e dell'Orgiera, ha dovuto subire diverse riparazioni"*.

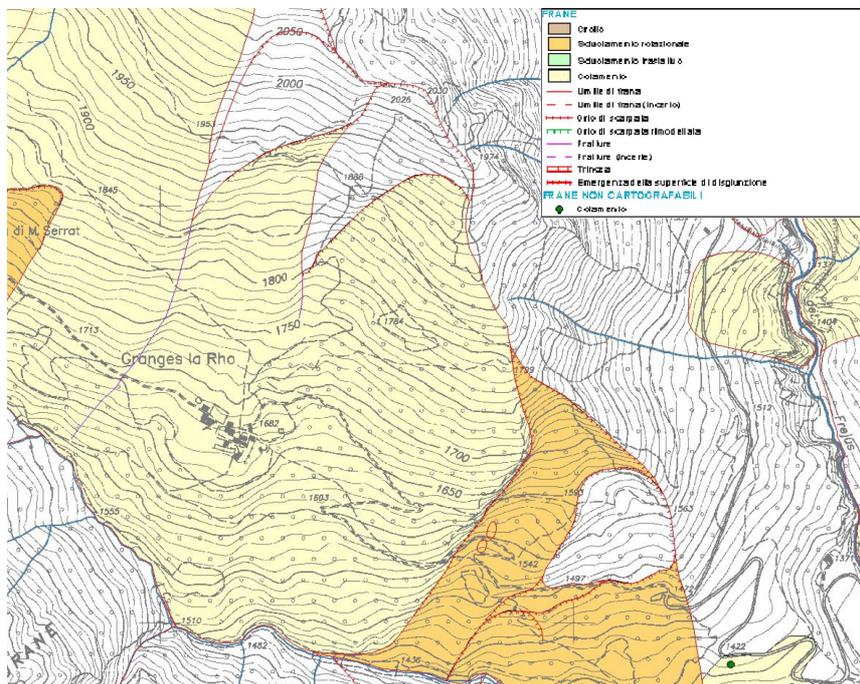


Figura 3.1 - Estratto dalla cartografia del progetto Interreg IIC - Raccolta e organizzazione di dati territoriali; valutazione di pericolosità e rischio da fenomeni naturali e predisposizione di piani comunali di protezione civile. Cartografia non in scala.

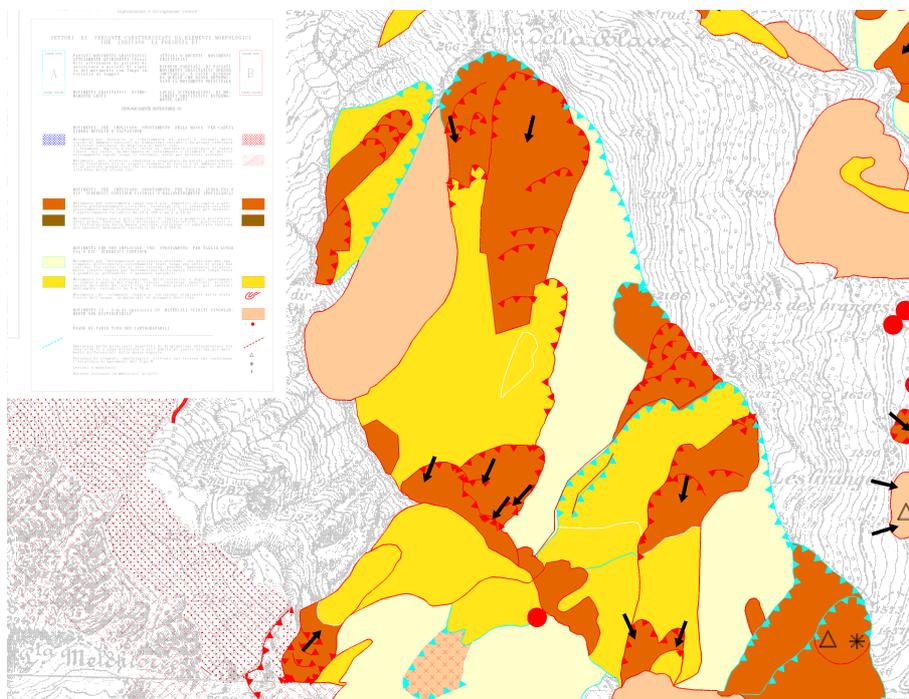


Figura 3.2- Estratto dalla Carta dei movimenti gravitativi delle Alte Valli di Susa e Chisone, Regione Piemonte. Cartografia non in scala.

3.2 Studi pregressi

Gli unici studi di cui si è a conoscenza sono relativi alle indagini geognostiche effettuate per l'installazione del sistema di monitoraggio

3.3 Indagini geognostiche

In concomitanza della messa in posto del sistema di monitoraggio inclinometrico sono stati realizzati tre sondaggi a carotaggio continuo (codice perforazione 102189, 102190, 102191).

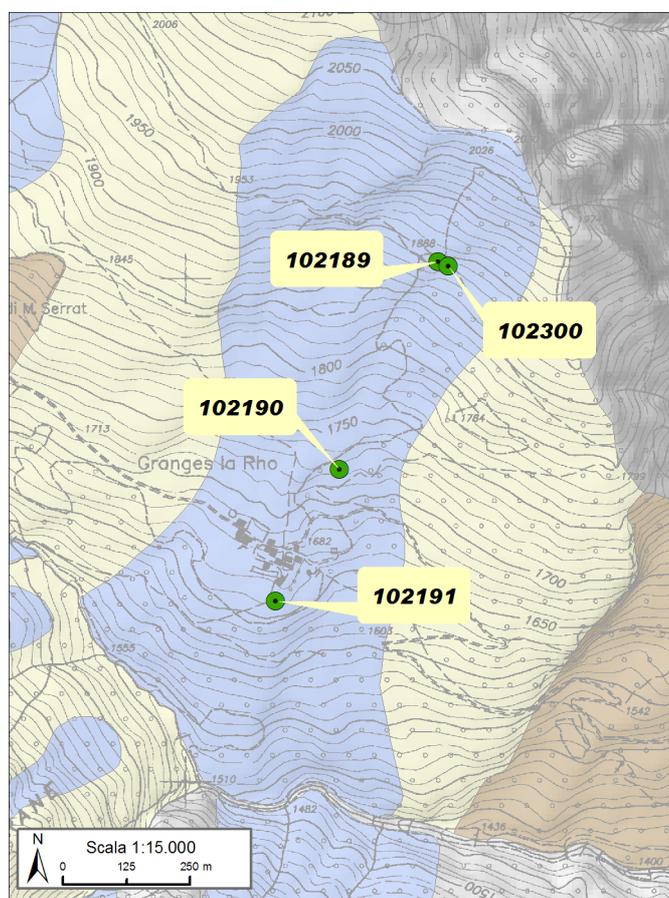


Figura 3.3: Ubicazione dei sondaggi presenti nella Banca dati Geotecnica di Arpa Piemonte

Tabella 3.2 - Riepilogo dei sondaggi presenti nella Banca dati Geotecnica di Arpa Piemonte

Codice	Nome	Data	Quota	Profondità da pc [m]	Prove in foro [n°]	Campioni [n°]
102189	I4	2002	1900	35	1	0
102190	I5	2001	1740	54	1	0
102191	I6	2002	1650	84	1	0

Le colonne stratigrafiche raggiungono la profondità massima di 84 m dal p.c. (102191) ed evidenziano la presenza di un primo livello costituito da frammenti e clasti rocciosi di calcescisti intensamente ossidati ed alterati e parzialmente argillificati, spesso in matrice sabbioso-limosa, passanti verso il basso a calcescisti grafitici o litoidi intensamente fratturati (con valori di RQD spesso pari allo 0% e comunque mai maggiori del 50%), con intercalazioni di livelli cataclastici o milonitizzati. I primi rappresentano probabilmente superfici lungo cui si concentra il movimento.

Un secondo livello più profondo è costituito da calcescisti grafitici litoidi caratterizzati dalla presenza di discontinuità sub-orizzontali parallele alla scistosità ma con caratteristiche generalmente migliori (RQD generalmente superiore a 60-65%). L'interfaccia tra i due livelli, sebbene non sempre definita in modo netto si colloca a profondità comprese tra i 28 m dal p.c. del sondaggio posto a quote più elevate (codice perforazione 102189) ai 74 m dal p.c. di quello a quota inferiore (codice perforazione 102191).

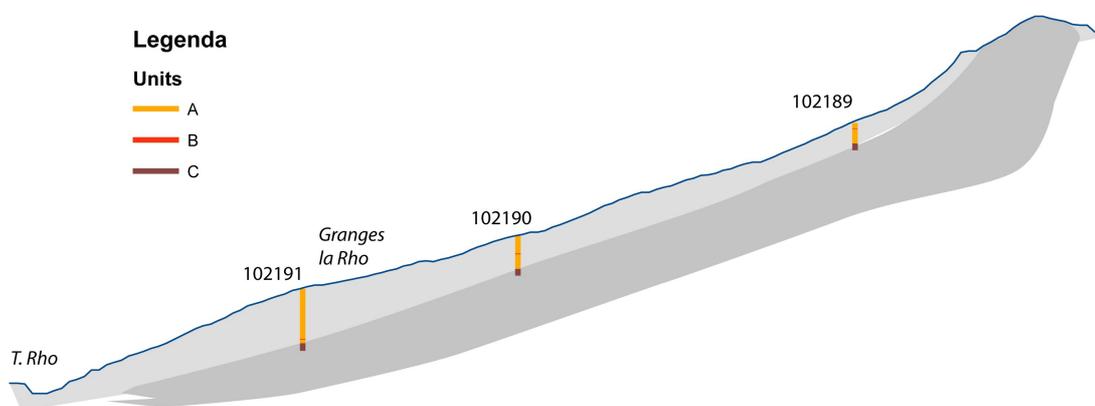


Figura 3.4 - Sezione geologica interpretativa del versante interessato dal dissesto. Unità A - frammenti e clasti rocciosi di calcescisti intensamente ossidati ed alterati e parzialmente argillificati, spesso in matrice sabbioso-limosa, passanti verso il basso a calcescisti grafitici o litoidi intensamente fratturati, con intercalazioni di livelli cataclastici o milonitizzati (Unità B); Unità C - Calcescisti grafitici litoidi caratterizzati dalla presenza di discontinuità sub-orizzontali parallele alla scistosità ma con caratteristiche generalmente migliori (RQD generalmente superiore a 60-65%) Figura non in scala

Tutti i dati relativi ai sondaggi possono essere scaricati dal webGIS di Arpa Piemonte raggiungibile dall'indirizzo www.arpa.piemonte.it

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento
Comune di Bardonecchia, località Grange della Rho



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Carnagola (To)
 Tel. 0119724411 ca. - Fax 0119721889
 http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Comune di Bardonecchia		
Cantiere	Monitoraggio versante a Ovest del concentrico		
Località	Bardonecchia (TO) - Valle della Rho		
Perforazione iniziata il	06/11/2001	Terminata il	13/11/2001
Dep. cassette	magazzino comunale	Scala	1:100

SONDAGGIO	FOGLIO
5	1/2
Il compilatore dott. A. Cantù	

profondità' dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diámetro rivestimenti	percentuale di carotaggio	RQD (%)	piezometro tipo standpipe	inclinometro	cavo coassiale TDR	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimasugli	permeabilità (cm/s)
0.50	0.50		Terreno vegetale.														
2.40	1.90		Limo argilloso debolmente sabbioso con subordinati clasti e frammenti rocciosi centimetrici (max. 2-3 cm), intensa ossidazione ed alterazione, colore nocciola con screziature.		carotaggio continuo 131 mm sempl.												
8.40	6.00		Frammenti e clasti rocciosi prevalentemente di calcescisti, intensamente ossidati, alterati e parzialmente argillificati, in matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa a tratti prevalente, colore nocciola con screziature.		carotaggio continuo 101 mm sempl.	152 mm											
15.30	6.90		Come sopra, con minore ossidazione ed alterazione, colore da grigio-nocciola a grigio scuro.				100 %										
20.00																	
17.40			Calcescisto grafítico intensamente alterato, talora fogliettato con numerose passate decimetriche sfatte e/o argillificate, colore grigio nerastro.		rotazione con carotaggio continuo 131 mm sempl.	127 mm		0									
32.70	17.40																

Figura 3.5 - Stratigrafia originale del sondaggio con codice 102189. Fonte: Banca Dati Geotecnica Arpa Piemonte.

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento
Comune di Bardonecchia, località Grange della Rho



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Camagnola (To)
 Tel. 0119724411 ca. - Fax 0119771889
 http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Comune di Bardonecchia		
Cantiere	Monitoraggio versante a Ovest del concentrico		
Località	Bardonecchia (TO) - Valle della Rho		
Perforazione iniziata il	06/11/2001	Terminata il	13/11/2001
Dep. cassette	magazzino comunale	Scala	1:100

SONDAGGIO	FOGLIO
5	2/2
Il compilatore dott. A. Cantù	

profondità dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	RQD (%)	piezometro tipo standpipe	inclinometro	cavo coassiale TDR	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilità (cm/s)
32.70	3.30		Calcescisto graffito litoide, colore grigio. Sistema principale di fratture suborizzontale generalmente piane lisce con spaziatura di 20-25 cm ca., parallele alla scistosità, a volte ossidate (es. a 35.20 e a 35.50 m); frattura verticale piana scabra con ricristallizzazione secondaria a 35.30-35.40 m.		131 mm T2 diamante			0-10									
36.00	0.80		Livello milonitizzato intensamente fogliettato costituito da calcescisto graffito, colore grigio-nerastro.					35									
36.80	7.80		Calcescisto graffito litoide (percentuale di grafite maggiore al di sotto di 44 m ca.), colore grigio. Sistema principale di fratture suborizzontali piane lisce parallele alla scistosità, con spaziatura di 35-40 cm ca.; presenza di livelli albitici centimetrici (max. 4-5 cm), sovente con struttura a boudin; passate intensamente fratturate a 40.00-40.40 e a 42.60-42.80 m; frattura a 45° a gradini liscia a 41.50 m.		rotazione con carotaggio continuo 101 mm T2 diamante		100 %	0									
44.60	0.90		Livello milonitizzato intensamente fogliettato costituito da calcescisto graffito, colore grigio-nerastro.					n.p.									
45.50	4.50		Calcescisto graffito litoide, colore grigio. Sistema principale di fratture suborizzontale generalmente piane lisce parallele alla scistosità; fratture a 45° a 46.70, 47.60, 48.10 m; livelli albitici, talora con struttura a boudin, di potenza centimetrica (max. 2-3 cm).					0									
50.00	4.00		Calcescisto graffito litoide, colore grigio.		distribuzione 105 mm			45									
54.00																	

La quota di inizio foro corrisponde al piano di campagna.

Infiltrazioni di acqua a -1.00 m da p.c.

Figura 3.6 - Stratigrafia originale del sondaggio con codice 102190. Fonte: Banca Dati Geotecnica Arpa Piemonte

3.4 Quadro relativo a vincoli ed aspetti normativi

La Variante Generale del PRGC di Bardonecchia in adeguamento al PAI è stata approvata nel mese di settembre 2010. Il concentrico del Comune di Bardonecchia (TO) si sviluppa quasi interamente sui due conoidi convalescenti dei torrenti Rho e Frejus ed è interessato da due limitrofe zone RME che coprono, nel complesso, quasi il 50% del nucleo abitato principale del capoluogo. Si tratta di RME relative a tematiche di “conoide alluvionale” ma strettamente connesse ed inscindibili dalle problematiche di versante che interessano i relativi bacini idrografici dei torrenti Rho e Frejus ed il versante ad ovest del concentrico (frana di Paradiso-Condemine). Le schede di dettaglio relative allo studio delle aree RME sono contenute nello studio con codice **Fonti 310348** - *Convenzione tra la Direzione OOPP della Regione Piemonte e Arpa Piemonte per l'Analisi delle aree a rischio individuate nel piano per l'assetto idrogeologico e nelle successive fasi attuative ai fini della mitigazione del rischio*, Arpa Piemonte, regione Piemonte (2010).

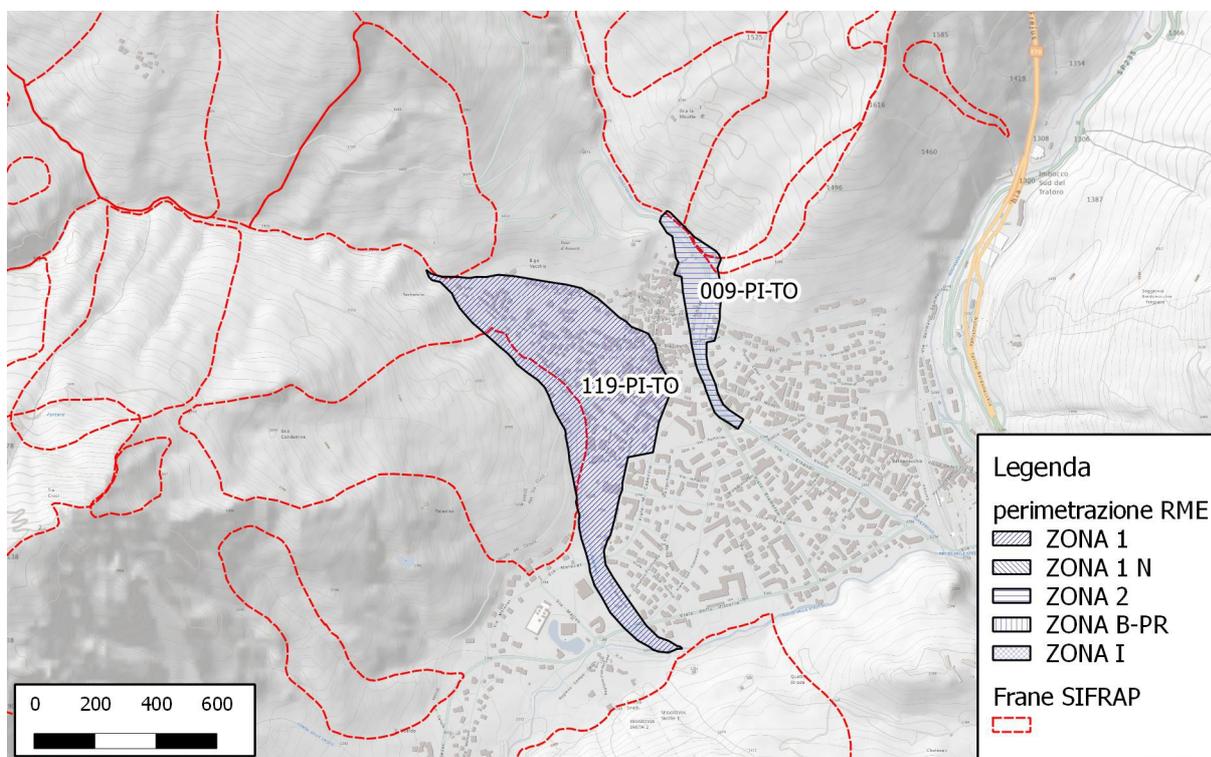


Figura 3.7 – perimetrazione delle aree RME in corrispondenza dell’abitato di Bardonecchia. Si tratta di RME relative a tematiche di “conoide alluvionale” ma strettamente connesse ed inscindibili dalle problematiche di versante.

L'atlante dei dissesti scala 1:25.000 del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico in Piemonte) indica nell'area in esame una frana attiva con perimetrazione confrontabile con quella indicata nel SIFRAP (Figura 3.8).

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento
Comune di Bardonecchia, località Grange della Rho

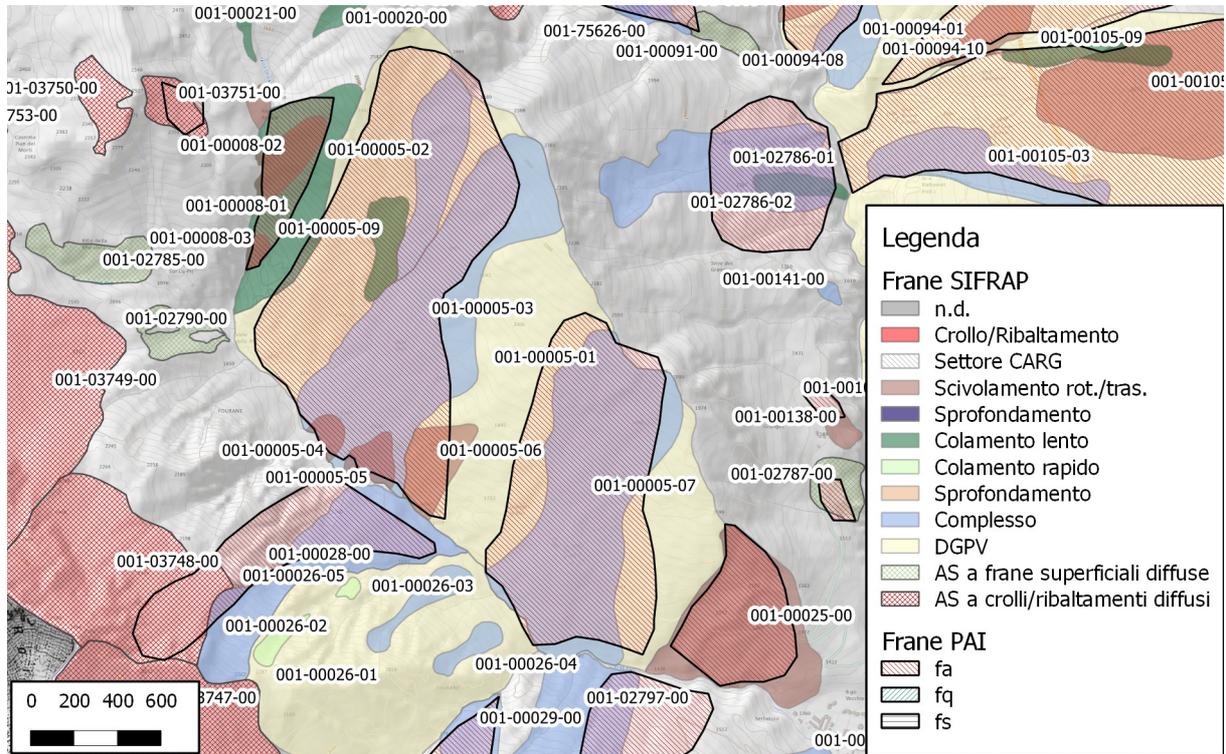


Figura 3.8 - Perimetrazione dell'area in esame come riportata dalla cartografia 1:25.000 PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico in Piemonte).

3.5 *Danni*

Alcune delle abitazioni di Grange della Rho riportano esternamente lesioni e fratture, sebbene sia difficile stimare se queste siano legate effettivamente al movimento franoso o più semplicemente siano causa della loro vetust . Diverse abitazioni della frazione sono state ristrutturare in tempi recenti e non presentano pertanto lesioni particolarmente evidenti.



Figura 3.9 – Lesioni agli abitati di Grange della Rho

In Tabella 3.3 sono elencate le principali informazioni presenti nella banca dati Geologica di ARPA Piemonte relativi ai danni registrati nell'area in esame.

Tabella 3.3 - Riepilogo delle informazioni relative ai danni disponibili nell'archivio DAMAGE di Arpa Piemonte

Codice	Comune	localit�	data	Effetti	Sintesi danni
92	BARDONECCHIA	GRANGES DE LA RHO	1951/05/26	Fratture, scarpate, contropendenze, Rigonfiamenti e/o avvallamenti del terreno	Opere idrauliche danneggiate Tronco stradale e/o ferroviario distrutto
1051	BARDONECCHIA	MADONNA DI MONT SERRAT	1951/05/26	Fratture, scarpate, contropendenze Ostruzione parziale dell'alveo	Opere idrauliche danneggiate

3.6 *Voli aerei disponibili*

Tabella 3.4 – Riepilogo dei principali voli aerei disponibili

Nome Volo	Scala	Compagnia	Anno
Volo Regione Piemonte 1991	1:31.000	Compagnia Generale Riprese (Fontana – Parma)	1991
Volo Regione Piemonte 2000	1:15.000	Compagnia Generale Riprese (Fontana – Parma)	2000-2001
Volo Val Susa			
Volo Ferretti			

3.7 Dati interferometrici

Arpa Piemonte, negli ultimi anni si avvale di una nuova tecnologia che consente, mediante tecnica radar interferometrica – PSInSAR) di telerilevamento, di individuare e di valutare lo spostamento con precisione dell'ordine millimetrico di punti fisici dotati di particolari caratteristiche di fisiche di riflettività del segnale radar, denominati permanent scatterers (PS). Tale tecnica è applicabile su ampie porzioni di territorio e l'analisi dei dati può avvenire per l'intera serie storica su cui sono disponibili le immagini satellitari.

I PS vengono individuati sulle immagini con metodi statistici e corrispondono generalmente a bersagli quali edifici, oggetti metallici, antenne, pali, rocce esposte, per i quali le caratteristiche di riflessione dell'onda radar si mantengono stabili nella maggior parte delle immagini radar utilizzate. Questo consente di confrontare quantitativamente le riflessioni dello stesso oggetto in diverse immagini e, operando sulle differenze di fase dell'onda riflessa, di misurare gli spostamenti millimetrici del bersaglio rispetto al sensore del satellite lungo una direzione denominata linea di vista. Essendo la tecnica (PSInSARTM) particolarmente idonea all'identificazione ed alla definizione delle deformazioni ad evoluzione lenta, essa offre un importante mezzo di analisi nello studio dei fenomeni franosi.

Nel 2006 è stata effettuata da TRE Europa una prima indagine su tutto il territorio regionale utilizzando i dati derivati dai satelliti ERS1 ed ERS2 dell'Agenzia Spaziale Europea, che copre il periodo temporale compreso tra il 1992 ed il 2001. Nel 2010, una seconda indagine è stata effettuata unicamente sulla porzione di arco alpino corrispondenze alle province di Torino e Cuneo a partire dalle immagini della piattaforma canadese RADARSAT, per il periodo compreso tra il 2003 ed il 2009. L'elaborazione di tali immagini è stato effettuato utilizzando il nuovo algoritmo, denominato SqueeSAR, sviluppato dall'Università di Milano, che permette di identificare sia riflettori puntuali (PS) e scatterers diffusi (DS) aumentando notevolmente il numero di punti identificati, soprattutto in aree alpine.

L'area in esame non è stata coperta dall'indagine interferometrica PSInSAR a partire da dati ERS 1-2 relativi all'intervallo temporale 1992-2001. L'analisi effettuata a partire da dati RADARSAT relativi al periodo temporale 2003-2009, ha evidenziato la presenza di alcuni PS posti in corrispondenza della abitazioni di Grange della Rho.

Tabella 3.5 – Riepilogo delle principali informazioni relative ai dati SqueeSAR relativi all'abitato di Grange della Rho

Geometria	code	vel	coherence	eff_area
Ascendente	BN9SK	-3.43	0.55	5312
	BN9SH	-3.45	0.6	0
Discendente	BN7IL	0.71	0.87	0
	BN7IR	0.81	0.74	0
	BN7IN	0.79	0.65	0
	BN2QE	0.76	0.87	0
	BN7II	0.75	0.77	0

I valori discendenti evidenziano un allontanamento lungo la LOS di circa -3.4 m/y. I valori relativi al dataset ascendente evidenziano invece una velocità in avvicinamento generalmente al di sotto dei 2 mm/y (valore generalmente utilizzato come soglia per considerare il PS come stabile).

L'orientazione media del versante verso SO fa sì che il dataset discendente risulti maggiormente significativo.

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento
Comune di Bardonecchia, località Grange della Rho

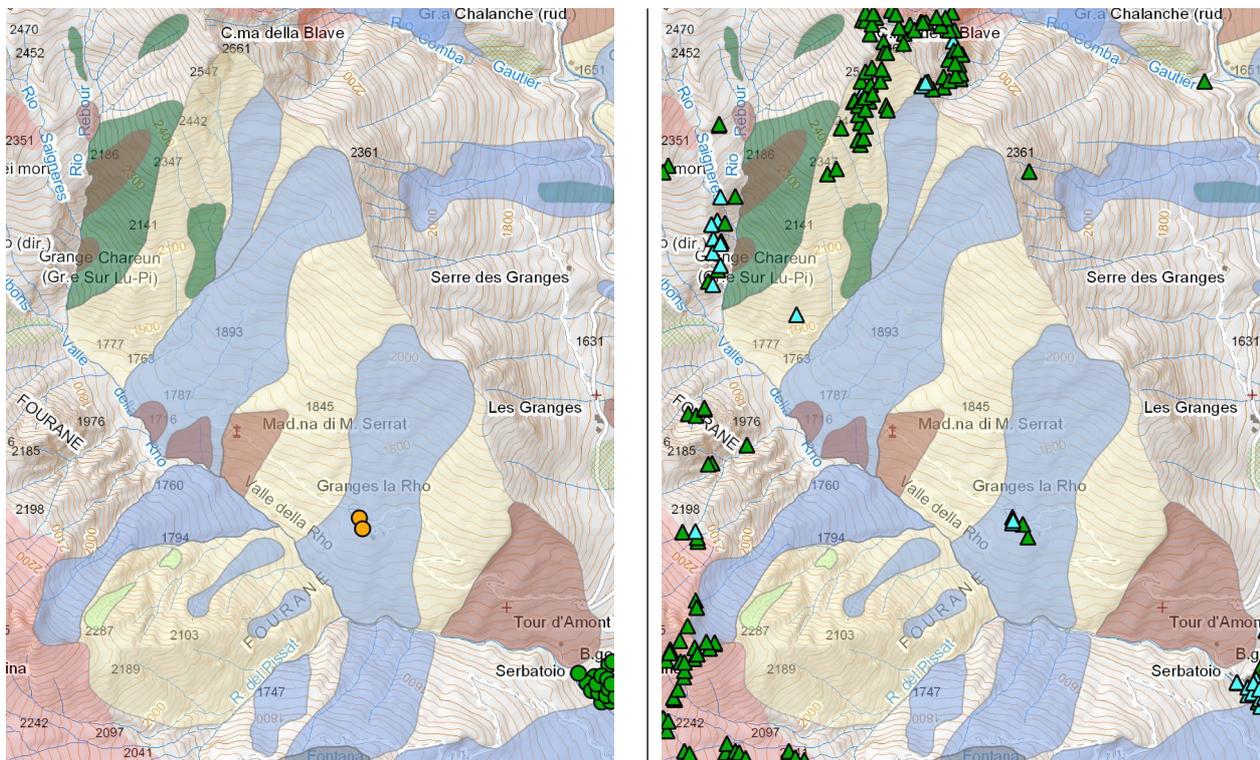


Figura 3.10 – a sinistra dati RADARSAT (2003-2009) geometria ascendente, a destra geometria ascendente

La composizione delle velocità lungo le due direzioni, ipotizzando che il movimento rilevato sia lungo la massima pendenza del versante, riportano ad una velocità di circa -0.8 mm/y nella componente verticale e -4.92 m/y nella componente est-ovest. È ipotizzabile che tali movimenti siano verosimilmente riconducibili al fenomeno di instabilità generale di grosse dimensioni che interessa gran parte del versante.

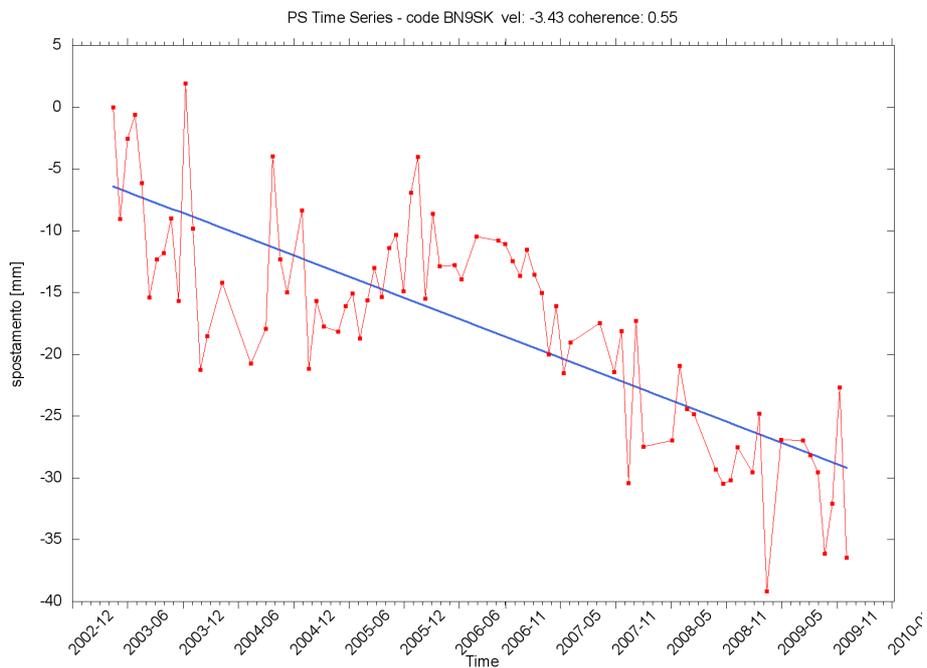


Figura 3.11 – grafico spostamento tempo per il PS BN9SK. Non è possibile evidenziare accelerazioni significative, sebbene per il periodo successivo al 2008 i valori misurati si attestino quasi tutti al di sopra della media per l'intero periodo analizzato.

4 Analisi del dissesto

4.1 Inquadramento geologico-strutturale

La porzione medio-superiore del bacino della Rho è caratterizzata dalla presenza di successioni calcareo-dolomitiche del Trias medio riconducibili a scaglie di margine continentale, separate fra loro da livelli di breccie e, subordinatamente, gessi che ne sottolineano i principali orizzonti di scollamento. La porzione medio-bassa del bacino, comprendente anche il versante in esame, è invece modellata all'interno delle sequenze metamorfiche Cretaciche di ambiente oceanico appartenenti alla Complesso Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi. Il contatto tra i due complessi è localmente caratterizzato da scaglie fortemente tettonizzate, costituite da alternanze di rocce carbonatiche e scistose, che in alcuni casi, assumono un'estensione significativa. Più in particolare, il Foglio Geologico CARG n° 153 (Bardonecchia) - Scala 1:50.000, ascrive la zona in oggetto alle *Unità Ofolitiche* ed indica, nell'area interessata dal fenomeno, la presenza di un'estesa coltre eluvio-colluviale e detritico-colluviale a spese essenzialmente del substrato particolarmente degradabile (UIDb2); nella zona altimetricamente più elevata sono presenti limitati affioramenti di marmi a trama rossastra e bordi silicizzati e di filladi (CNRa) e filladi nere con rari e sottili orizzonti di calcescisti (CNRb) appartenenti al COMPLESSO DEL LAGO NERO.

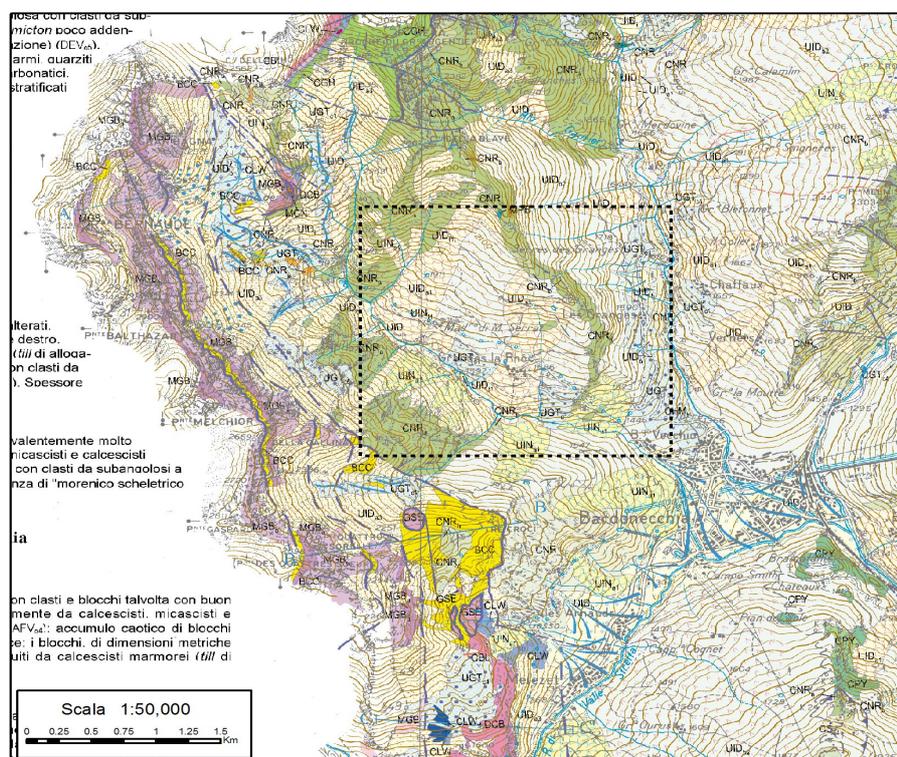


Figura 4.1: Stralcio cartografia CARG scala 1:50.000 con localizzazione indicativa della zona interessata (linea tratteggiata nera).

Nelle aree immediatamente limitrofe, dal fondovalle e fino a quota di circa 1700 m slm vengono segnalati anche depositi glaciali costituiti da diamicton a matrice sabbioso-limosa con clasti da sub-angolosi a sub-arrotondati (*till* indifferenziato) (UIDc1) legati al glacialismo locale della valle.

Dal punto di vista strutturale, l'intera Valle di Susa è caratterizzata da un'intensa deformazione di tipo fragile che si manifesta attraverso una serie di discontinuità meccaniche presenti a tutte le scale (Note Illustrative CARG). Le discontinuità si concentrano lungo 3 sistemi principali, le cui orientazioni medie sono N60, N100-N140 e N160-N10 circa. L'asse vallivo si sviluppa con direzione prevalente NO-SE e confluisce in prossimità di Bardonecchia nella valle principale.

4.2 Analisi geomorfologica

L'intero versante sinistro della valle della Rho presenta diverse espressioni morfologiche quali trincee, depressioni allungate, depressioni chiuse, scarpate e contropendenze che possono essere ricondotte alla presenza di un fenomeno di Deformazione Gravitativa Profonda. La principale evidenza superficiale della deformazione è costituita dalla presenza di diffusi fenomeni gravitativi che evolvono perlopiù per colamento lento; tali dissesti di minore entità sono stati compresi nella cartografia SIFraP all'interno della perimetrazione della DGPV e vengono evidenziati unicamente dalla presenza degli elementi morfologici. All'interno di quest'area si possono distinguere, invece, due zone caratterizzate da una maggior grado evolutivo che interessano il versante per maggiori profondità. Queste due aree sono state perimetrare come fenomeni a tipologia complessa (ID frana 001-00005-03 - Rho est e 001-00005-07 - Grange della Rho). Le considerazioni seguenti fanno specifico riferimento al fenomeno di Grange della Rho, ma è importante considerare che il fenomeno analizzato è inserito all'interno di un più ampio contesto dissestivo.



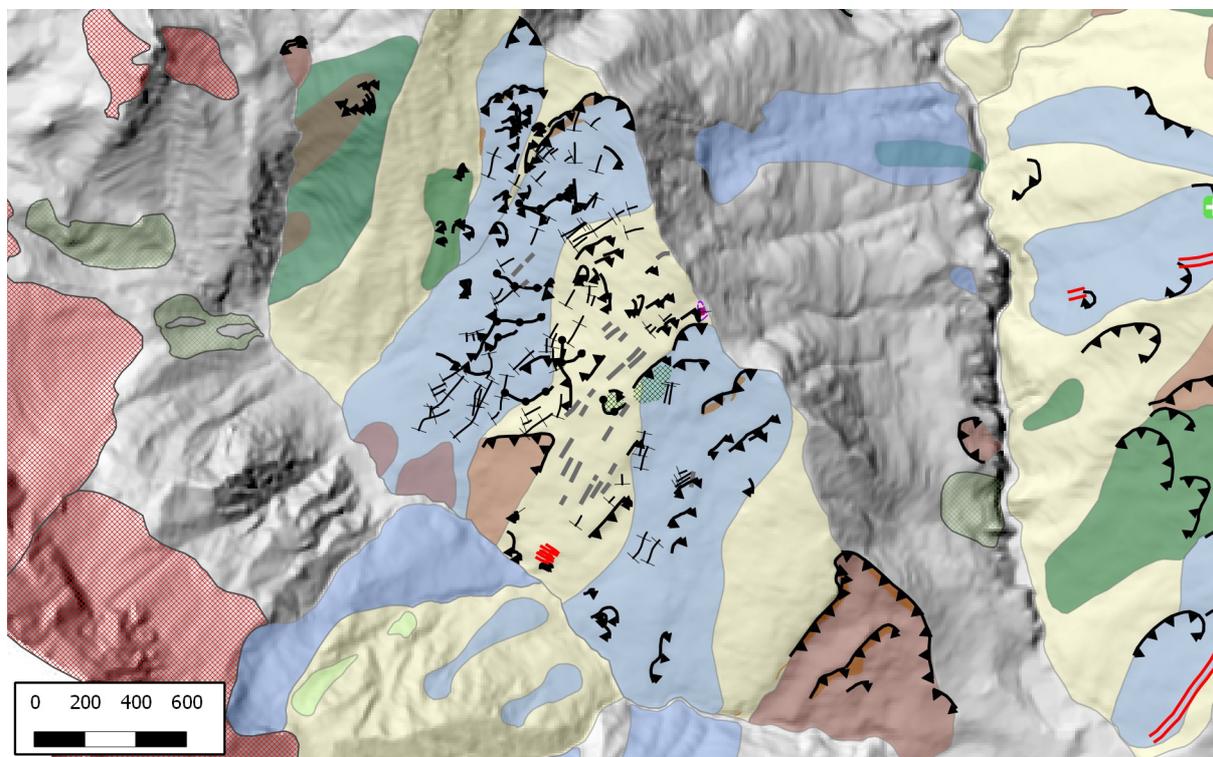
Figura 4.2 - Vista frontale del dissesto da cima tre croci (quota 2150 m)

Il margine occidentale della frana è delimitato da una scarpata principale molto evidente, con direzione N20 che si sviluppa con altezza di circa una decina di metri nella zona di cresta e che raggiunge altezze superiori immediatamente a ovest dell'abitato di Grange della Rho. Lungo lo spartiacque che divide la valle dalla contigua valle del Frejus non si presentano sdoppiamenti di cresta imponenti come quelli visibili nella aree limitrofe (ed in particolare tra lo spartiacque Susa-Chisone). Diverse scarpate minori sono presenti all'interno di tutto il corpo di frana ed in particolare nella porzione altimetricamente più elevata, conferendo alla zona una tipica morfologia a gradini. Il margine orientale del fenomeno, di più difficile definizione, può essere posto circa 200m ad est rispetto all'abitato di Grange della Rho. La porzione centrale del versante, da quota 1800m circa fino all'abitato di Grange della Rho, è caratterizzata dalla presenza di numerose discontinuità morfologiche, principalmente fratture e depressioni allungate che

presentano generalmente con orientazione verso N-NO. Tali depressioni sviluppate longitudinalmente rispetto al versante, tendono ad essere fortemente rimodellate ed approfondite dall'azione delle acque meteoriche; non è tuttavia possibile identificare un reticolo idrografico organizzato e gerarchizzato in quanto le depressioni, anche quando raggiungono profondità considerevoli, si interrompono bruscamente all'interno del versante.

Le evidenze morfologiche tendono a diventare più scarse nella porzione di versante al di sotto dell'abitato; qui, dove si concentrano sforzi di tipo compressivo, il profilo si presenta tipicamente convesso e rigonfiato. Alcune nette scarpate presenti al di sotto dell'abitato di grange della Rho testimoniano come l'azione di approfondimento del Torrente della Rho sia responsabile dell'attivazione di frane per erosione al piede, come riportato anche dai dati storici.

Il fenomeno è caratterizzato nel suo insieme da un'evoluzione di tipo composito, intendendo con tale termine la presenza di diverse tipologie di meccanismi di movimento che avvengono in parti diverse della massa spostata ed talora in periodi temporali differenti. Nella porzione altimetricamente più elevata prevalgono meccanismi di scivolamento roto-traslato mentre nella porzione mediana e distale del versante prevalgono meccanismi di tipo visco-plastico per colamento lento. Le forme legate alla dinamica di versante si presentano generalmente poco rimodellate e perciò ben identificabili sia da fotointerpretazione sia da terreno. Tali caratteri sono indicativi della generale attività del versante che pur presentando movimenti di modesta entità si protraggono in modo continuo nel tempo.



Legenda

Elementi morfologici lineari

- n.d.
- +— Depressione allungata
- == Frattura/Tincea
- +— Margine di frattura/trincea
- +— Contropendenza
- ▲ Scarpata principale
- ▲ Scarpata secondaria
- ▲ Scarpata antropica
- ▲ Scarpata di erosione fluviale
- +— Sovrascorrimento
- +— Limite di accumulo secondario

Elementi morfologici poligonali

- Settore con indizi/ fenomeni di instabilità
- +— Settore con ondulazioni
- Campo di detrito
- Depressione chiusa
- Accumulo detritico alla base del versante
- Substrato affiorante
- Sett. con ruscellamento diffuso/concentrato
- Scarpata
- Zona a monte del coronamento

Frane poligonali

- n.d.
- Crollo/Ribaltamento
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- Settore CARG
- Scivolamento rotazionale/traslattivo
- Sprofondamento
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- DGPV
- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi

Elementi morfologici puntuali

- n.d.
- ▲ Blocco mobilizzato per caduta massi
- ▲ Elemento lapideo di dimensioni rilevanti
- ⊕ Emergenza idrica
- ↓ Punto di assorbimento idrico
- ★ Settore con indizi/ fenomeni di instabilità
- Settore interessato da ruscellamento concentrato
- Soliflusso/soil creep

Figura 4.3 - Quadro generale dei dissesti del versante sinistro del bacino della valle della Rho e principali elementi morfologici identificati dall'analisi fotointerpretativa e indagini di terreno

4.3 *Analisi dati strutturali*

I principali affioramenti in roccia sono localizzati nel settore sud occidentale del versante, al di fuori dell'area considerata: si tratta di alcune bancate rocciose poste in corrispondenza dei gradini di scivolamento che bordano il dissesto indicato con codice 001-00025-00. Le bancate, allineate ai principali sistemi di discontinuità (direzione circa N30), sono costituite da calcescisti fortemente fratturati e localmente disarticolati.

Localmente la scistosità si presenta poco marcata con giacitura da sub-orizzontale a franapoggio meno inclinata del pendio (230/20). Nell'intorno del sito sono identificabili due principali sistemi di frattura: uno con direzione N75/SE e un secondo sistema con direzione N immergente verso E.

Gli allineamenti delle morfostrutture identificate mediante fotointerpretazione ritrovano buona corrispondenza con le principali strutture disgiuntive identificate su terreno. Nel complesso, infatti, gli elementi morfologici identificati tendono ad allinearsi lungo direzioni preferenziali ed in particolare con maggior frequenza lungo la direttrice N20-N30 (perpendicolare al versante), mentre sono presenti con minor frequenza allineamenti lungo la direzione e N160-N360.

5 Sistemi di controllo

Il fenomeno monitorato da Arpa Piemonte mediante 2 inclinometri, 1 inclinometro fisso, 1 piezometro e 6 capisaldi GPS. Il sistema GPS è attivo dal 2004, gli inclinometri dal 2002.

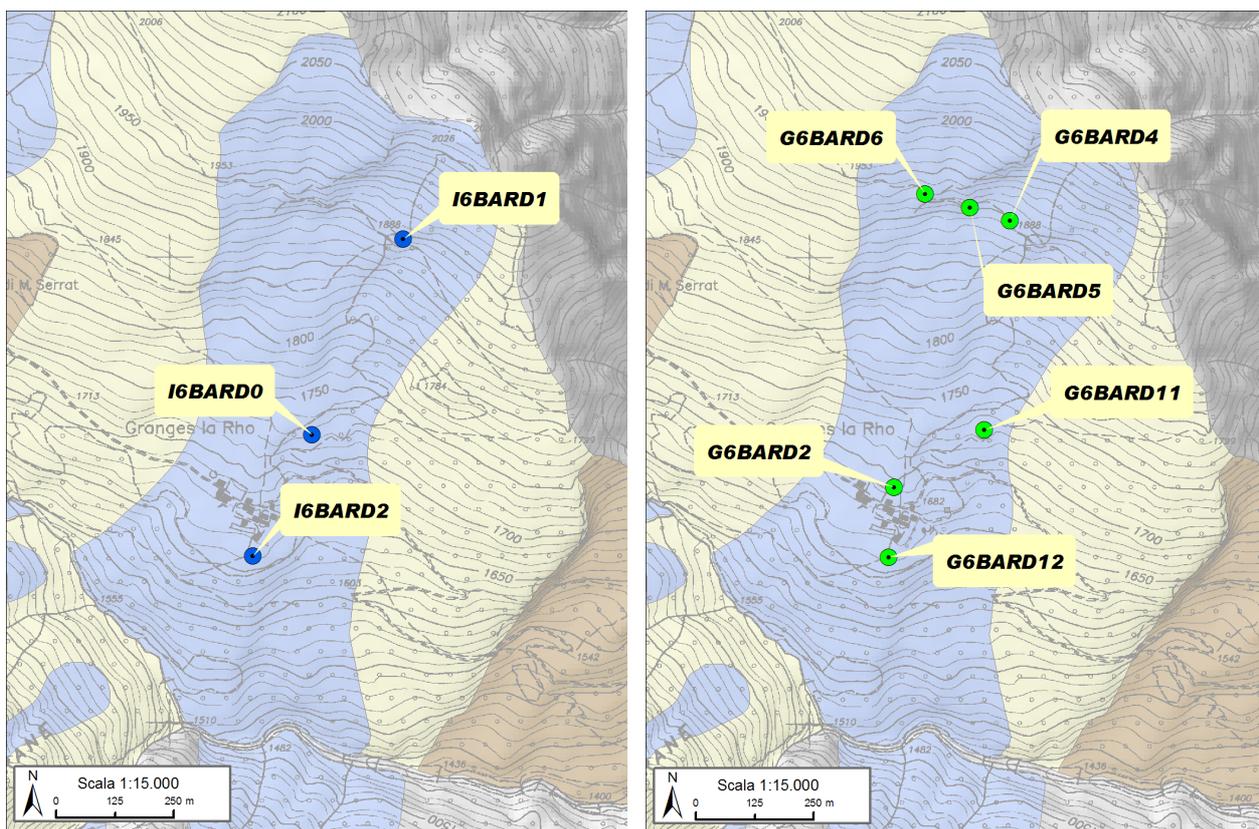


Figura 5.1 - Ubicazione della strumentazione, a sinistra colonne inclinometriche, a destra capisaldi GPS

5.1 Inclinometri

I 3 tubi inclinometrici sono stati messi in opera rispettivamente nel 2001 (I6BARD0) e nel 2002 (I6BARD1 e I6BARD2). Le letture sull'inclinometro I6BARD0 dal giugno 2005 vengono effettuate anche mediante sonde fisse poste alle profondità rispettivamente di -10, -24 e -44 m dal p.c. (a quest'ultima profondità solo dal giugno 2007).

Tabella - 5.1 Riepilogo della strumentazione inclinometrica del sito di Grange della Rho; lo strumento I6BARD0 è dotato di sonde fisse, movimenti in testa foro (-1,5 m dal p.c.)

Dati inclinometrici - movimenti in testa foro (-1,5 m dal p.c.)							
inclinometro	prof max (m)	prof mov (m)	Periodo da	Periodo a	n° mesi	cumulata (mm)	vel (mm/anno)
I6BARD0	-53	-1,5	nov 2001	lug 2009	92	120,0	15,7
I6BARD1	-35	-1,5	ott 2002	lug 2009	81	35,0	5,2
I6BARD2	-70	-1,5	ott 2002	lug 2009	81	87,0	12,9

Tabella 5.2 Riepilogo della strumentazione inclinometrica del sito di Grange della Rho; il I6BARD0 è dotato di sonde fisse, movimenti sulla superficie di scivolamento principale

Dati inclinometrici - movimenti sulla superficie di scivolamento principale							
inclinometro	prof max (m)	prof mov (m)	Periodo da	Periodo a	n° mesi	cumulata (mm)	vel (mm/anno)
I6BARD0	-53	-24,5	nov 2001	lug 2009	92	115,0	15,0
I6BARD1	-35	-7	ott 2002	nov 2011	108	33,0	7,1
I6BARD2	-70	-75	ott 2002	nov 2011	108	75,0	13,1

I dati inclinometrici evidenziano, per la zona immediatamente a valle della frazione Grange della Rho (I6BARD2), movimenti cumulati in testa foro di quasi 14 cm nel periodo compreso tra il 2002 ed il 2011. Il movimento si concentra prevalentemente alla profondità di -68 m dal p.c., con velocità media di circa 13 mm/y. Nella zona a monte della frazione (I6BARD0), la sonda posta a 24 m di profondità dal 2010 ha evidenziato nel periodo maggio-settembre 2010 valori di movimento anomali, correlati con tutta probabilità all'eccessiva deformazione del tubo ospitante. Le letture del 2011 appaiono nuovamente coerenti dal 2011. Nell'intervallo marzo-settembre 2011, l'incremento della risultante di spostamento è stato di circa 6 mm. Considerando il solo periodo dalla lettura di origine (2002) fino al 2009 lo strumento registra, a 25m di profondità, un movimento con velocità medie di 15 mm/y. In corrispondenza della zona di testata (quota 1900 m) l'inclinometro I6BARD1 registra movimenti a profondità di -7 m dal piano campagna con velocità corrispondenti di circa -7 mm/y. In tutte le curve inclinometriche si evidenzia un movimento concentrato lungo una superficie netta e ben definita.

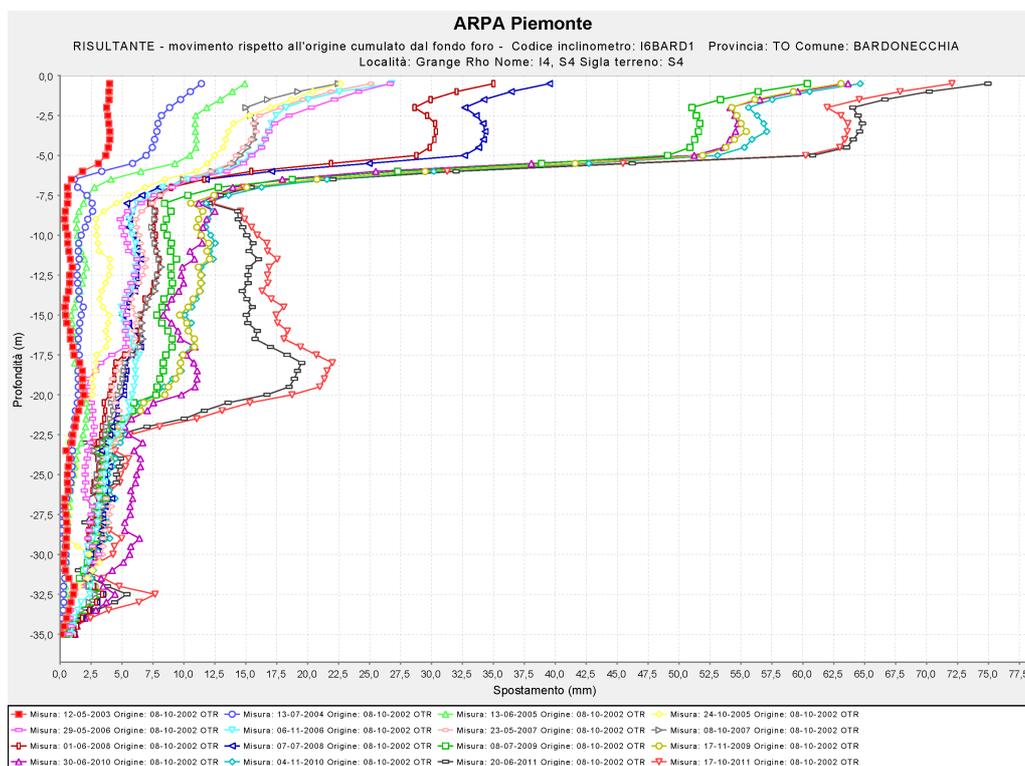


Figura 5.2 - Grafico della risultante cumulata per l'inclinometro I6BARD1

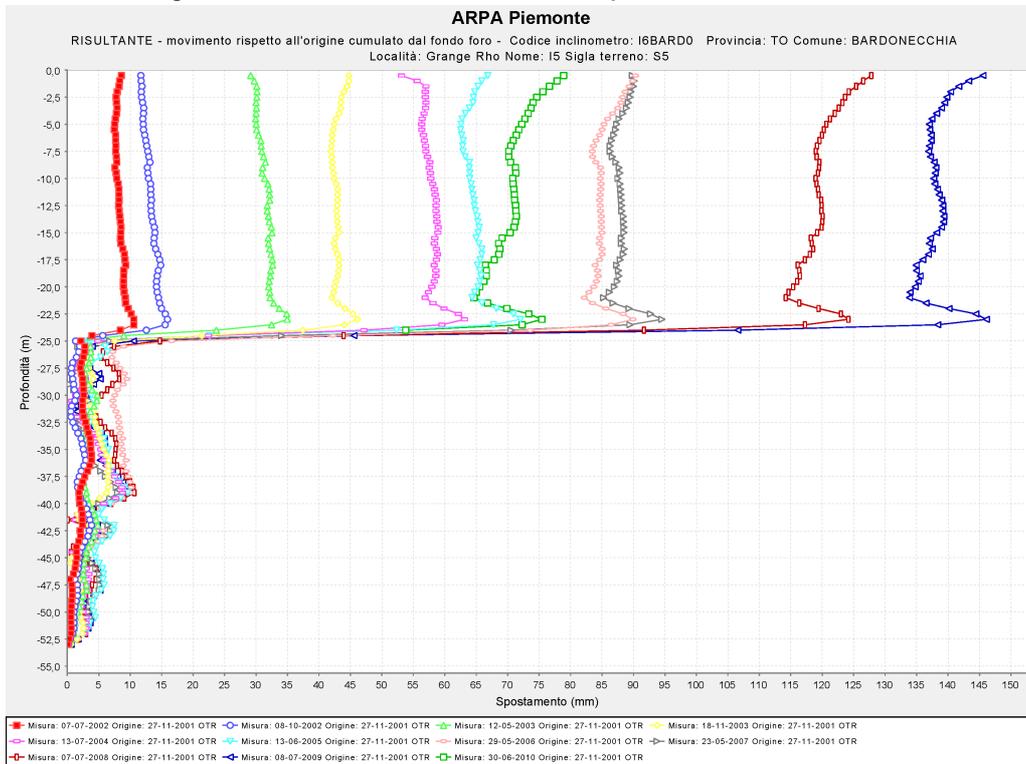


Figura 5.3 - Grafico della risultante cumulata per l'inclinometro I6BARD0

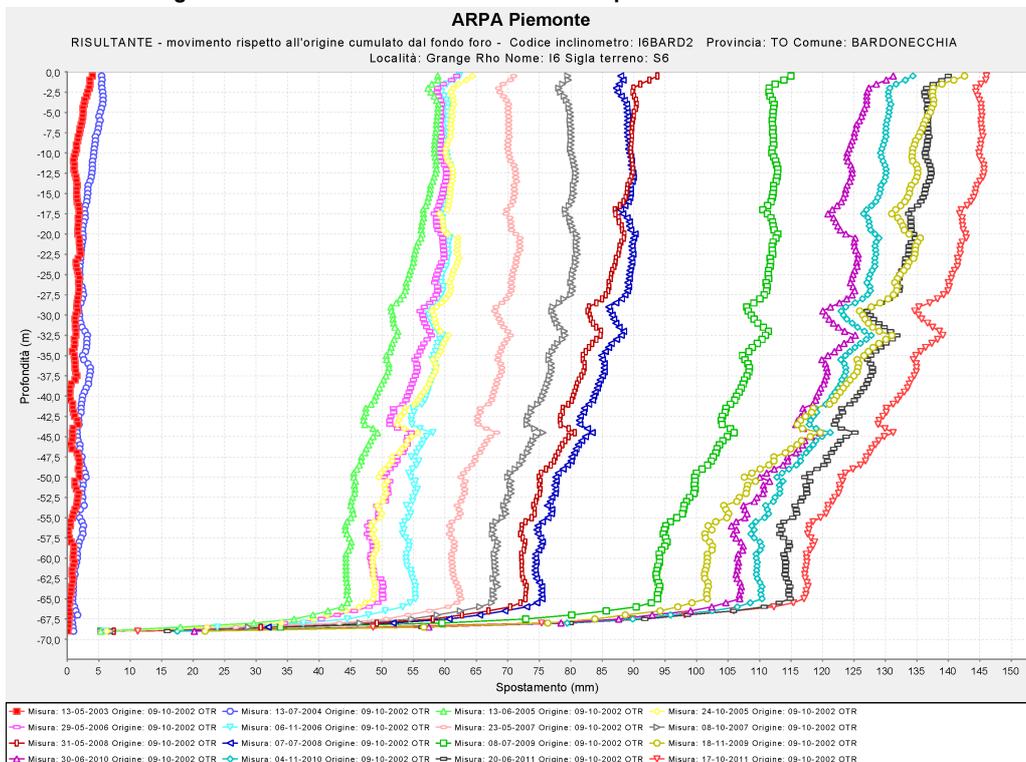


Figura 5.4 - Grafici della risultante cumulata per l'inclinometro I6BARD2

Dai grafici di Figura 5.5 si evidenzia come le velocità di movimento non siano costanti ma subiscano variazioni nel tempo. Nel caso del movimento più superficiale è evidente una netta accelerazione nel periodo relativo alle misure effettuate dopo al 2008. Tale accelerazione è da imputarsi alle piogge intense e prolungate del periodo della primavera 2008 a cui sono seguite nel periodo invernale 2008/2009 copiose nevicate. Anche i due picchi di spostamento registrati da I6BARD0 a -24 m circa di profondità corrispondono con buona probabilità ai due eventi pluviometrici più importanti registrati nel periodo di lettura degli inclinometri e cioè rispettivamente quello del 2002/2003 e quello già citato del 2008/2009 (Figura 5.6).

Analizzando la variazione delle velocità di spostamento (Figura 5.5) è possibile identificare due accelerazioni del movimento, uno in corrispondenza della primavera 2005 (registrato in modo più evidente dallo strumento I6BARD2) ed un altro nel periodo primaverile-estivo del 2008, maggiormente visibile nei grafici dell'inclinometro I6BARD1.

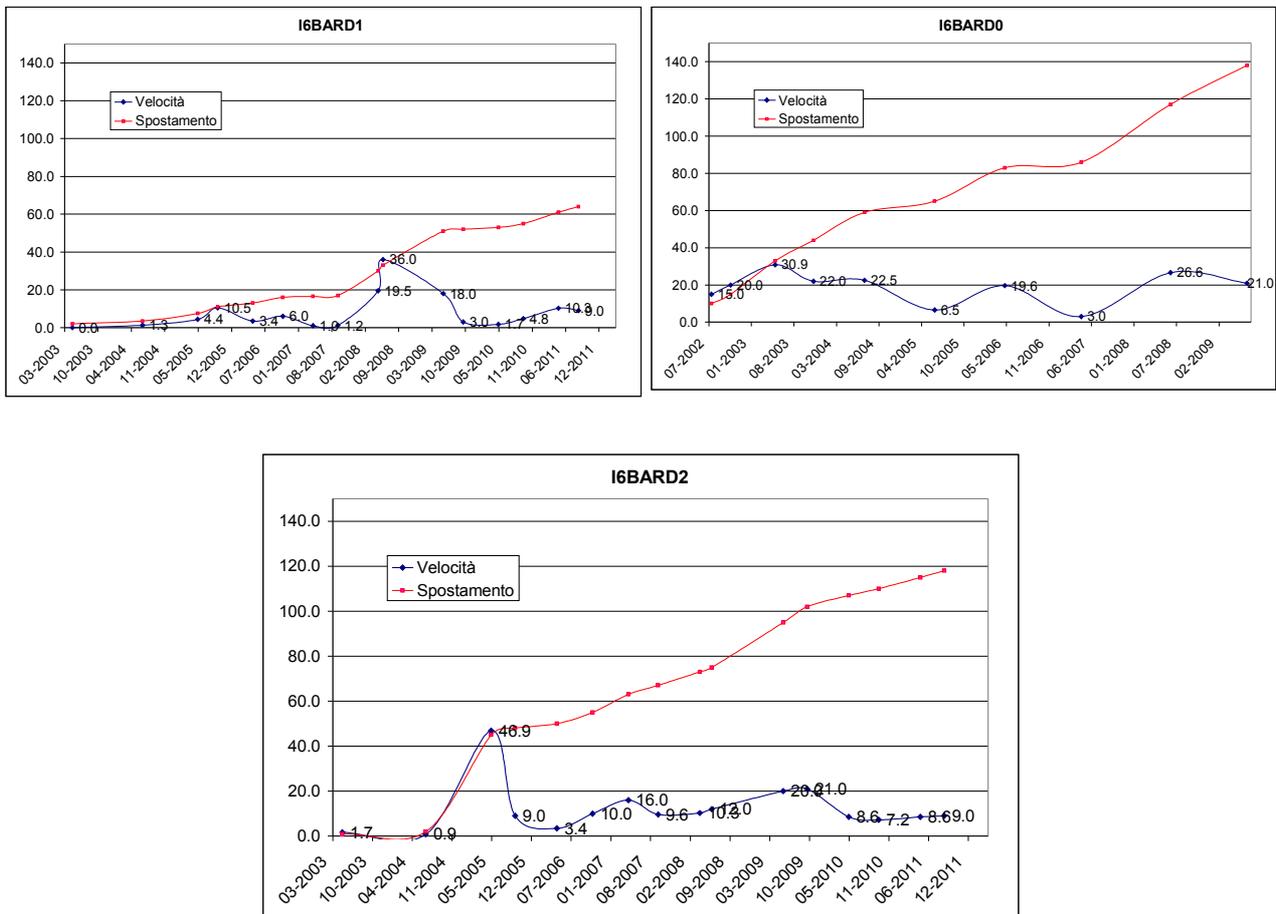


Figura 5.5 - Variazione delle velocità di movimento misurate dagli strumenti nel tempo. Le entità di movimento sono misurate rispettivamente a -5.5 m (I6BARD1), -24 m (I6BARD0) e -75 m (I6BARD2). Gli spostamenti a testa foro (-1,5m) possono essere considerati pressoché simili in quanto il contributo di movimento avviene quasi del tutto alle profondità di movimento considerate

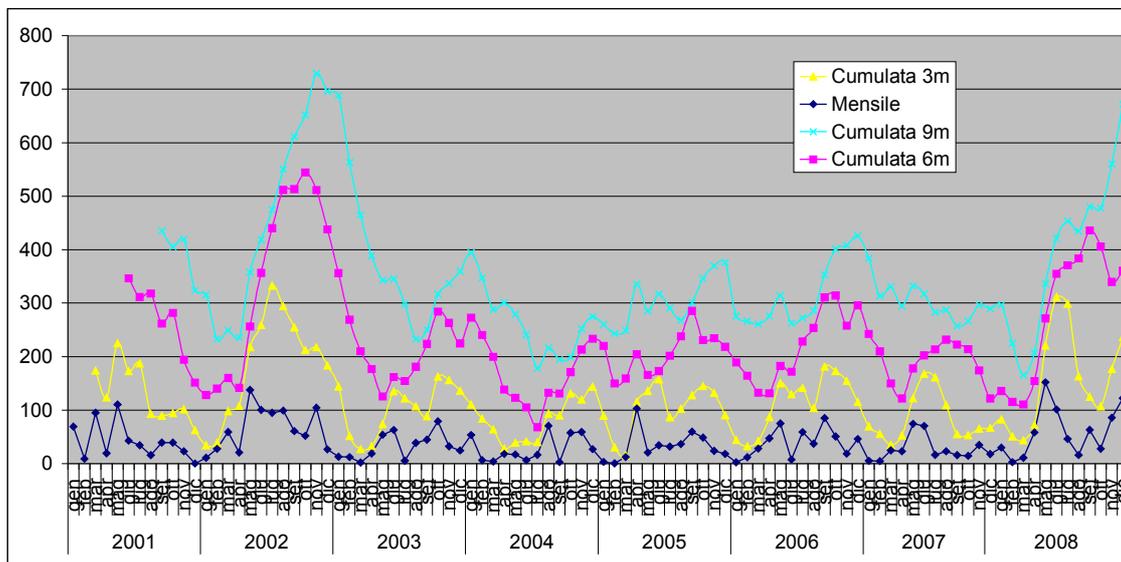


Figura 5.6 - Valori di pioggia mensili registrati dalla stazione di Gad (Oulx) e valori cumulati a 3, 6 e 9 mesi. Si evidenziano due picchi nel periodo 2002/2003 e 2008/2009

5.2 Dati topografici GPS

Dal novembre 2004 sono stati installati 6 capisaldi per le letture degli spostamenti superficiali mediante sistema GPS. La misura di zero è stata realizzata il 24 novembre 2004; le misure successive sono state effettuate con cadenza annuale. Le risultanti di spostamento cumulate dal 2004 fino all'ultima lettura effettuata (giugno 2009) evidenziano movimenti superficiali con valori che vanno da un minimo di 18 mm ad un massimo di 270 mm misurati sul piano orizzontale.

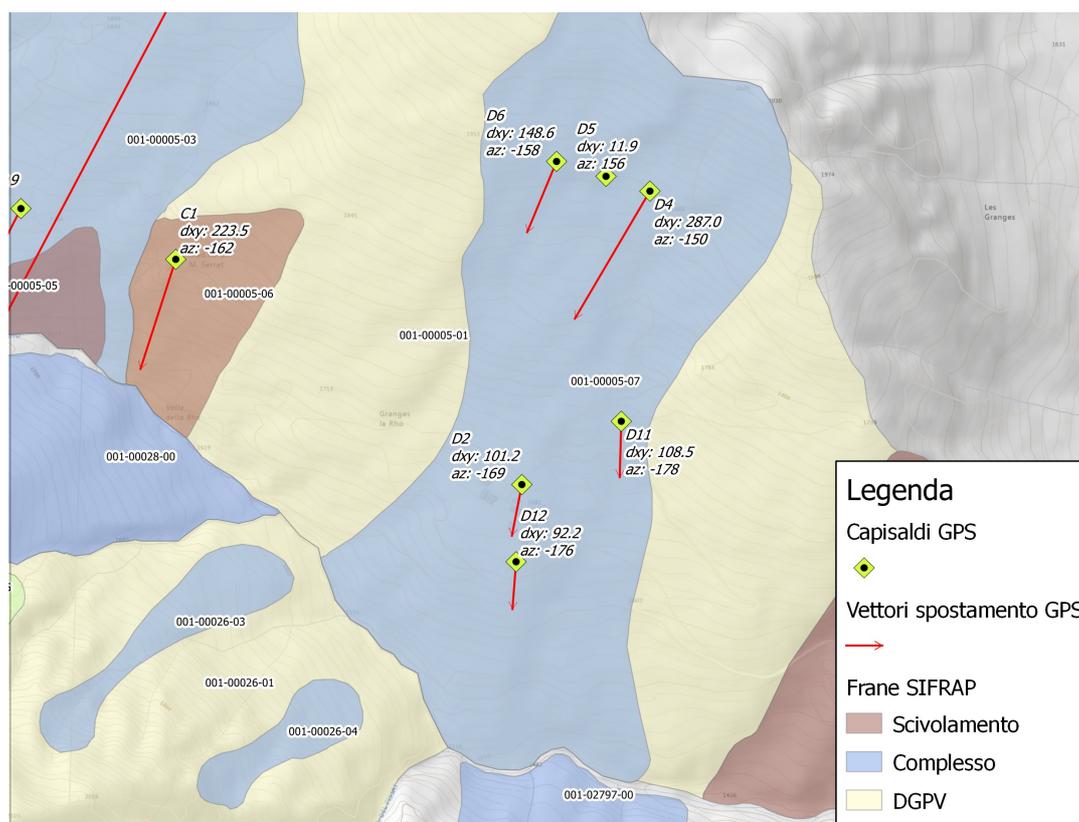


Figura 5.7 - Vettori spostamento per il periodo novembre 2004 - ottobre 2011 movimenti in mm

Tabella 5.3 - Movimenti GPS periodo novembre 2004 - giugno 2011

punto	delta X (mm)	delta Y (mm)	delta Z (mm)	R(xy) (mm)	Azimuth (°N)	Vel media (mm/y)
G6BARD2	-19.2	-99.4	-19.1	101.24	-169	14.3
G6BARD4	-144.8	-247.8	-155.4	287.01	-150	40.5
G6BARD5	4.8	-10.9	-8.4	11.91	156	1.7
G6BARD6	-56.7	-137.4	-60.1	148.64	-158	20.9
G6BARD11	-3	-108.5	-37.6	108.54	-178	15.3
G6BARD12	-7	-91.9	-23.5	92.17	-176	13.2

Il confronto tra le velocità di spostamento registrate dal sistema GPS e dalle sonde inclinometriche mostra in genere buona corrispondenza. Unicamente il caposaldo G6BARD4 mostra una velocità di spostamento anomala (circa 50 mm/y) rispetto agli altri capisaldi GPS (velocità medie di spostamento circa 15 mm/y) ed anche rispetto al limitrofo inclinometro I6BARD1 (5,9 mm/y).

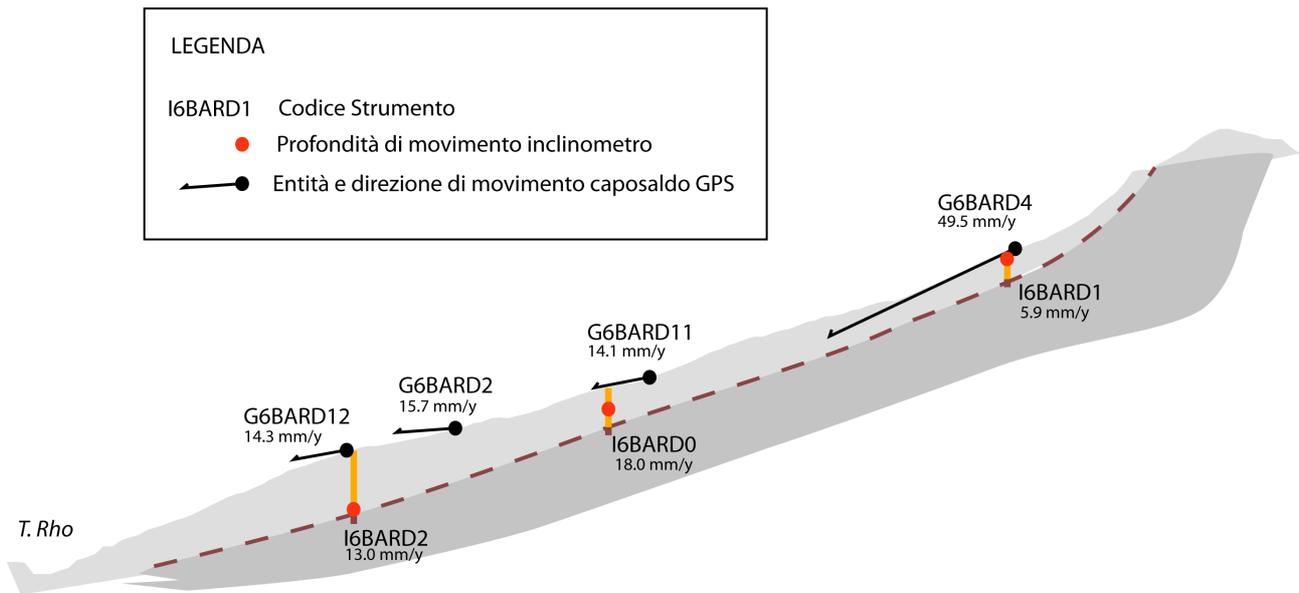
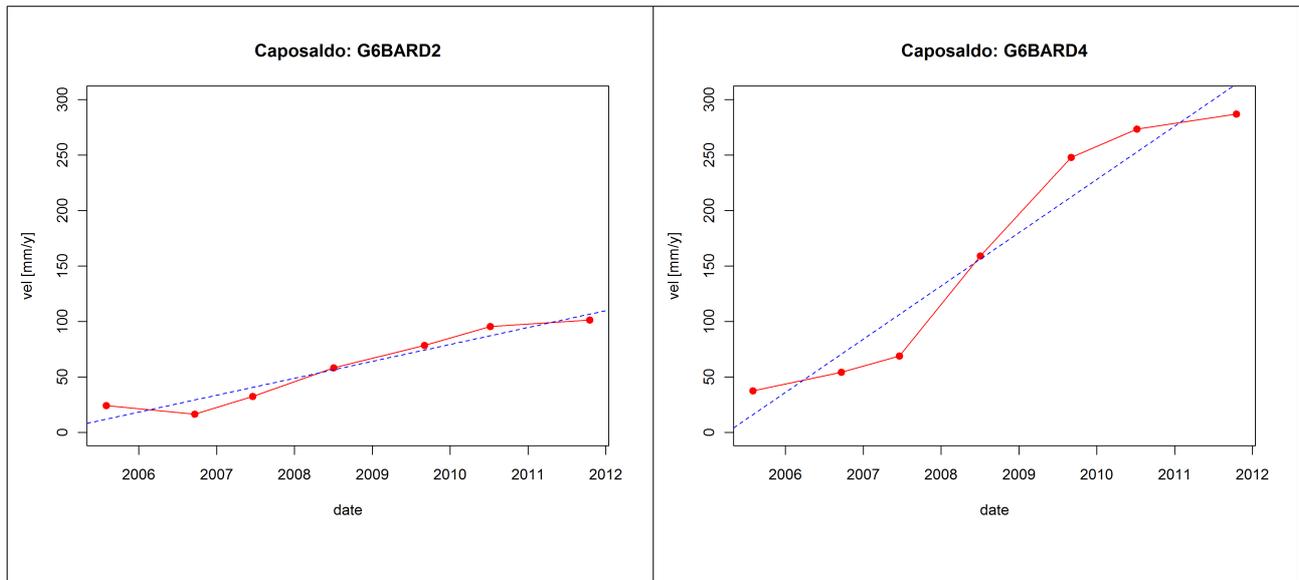


Figura 5.8 - profilo trasversale con indicate le velocità di movimento degli inclinometri e dei capisaldi GPS.



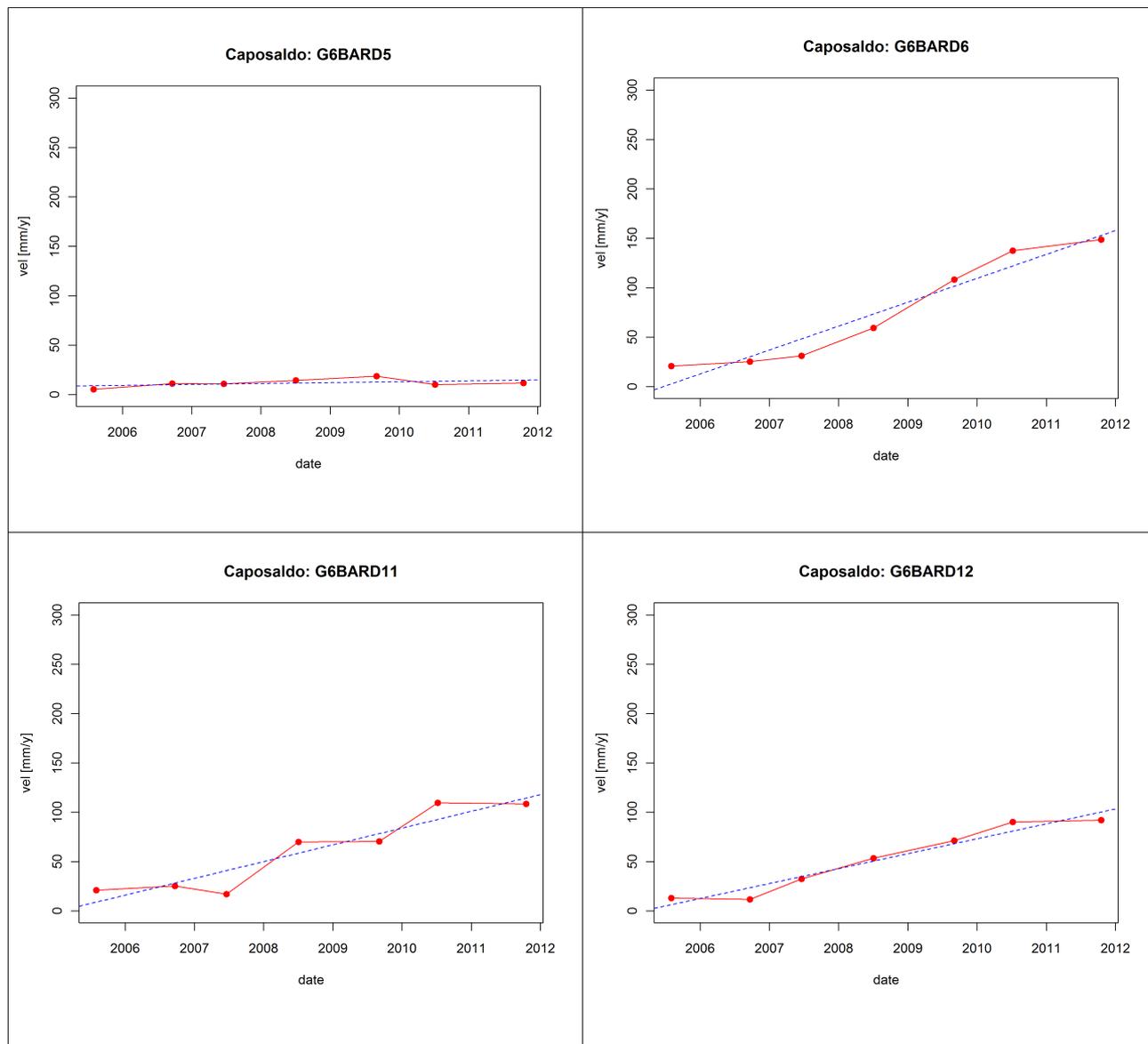


Figura 5.9 - Grafici tempo/spostamento del capisaldi GPS. Tutti i capisaldi evidenziano un accelerazione nel periodo successivo alla primavera 2008.

6 Pericolosità e rischio

6.1 Interventi realizzati

Gli interventi effettuati sul bacino di cui si è a conoscenza sono prevalentemente volti alla stabilizzazione dell'asta fluviale del T. Rho ed al controllo dei processi fluvio-torrentizi. Sono state realizzate negli anni una serie di opere idrauliche lungo l'asta principale del torrente, costituite principalmente da briglie ed arginature. Per quanto riguarda interventi di sistemazione relativi alla dinamica di versante sono visibili sul corpo di frana una serie di canalette di regimazione delle acque superficiali nella compresa tra l'abitato di Grange la Rho e la strada di monte.

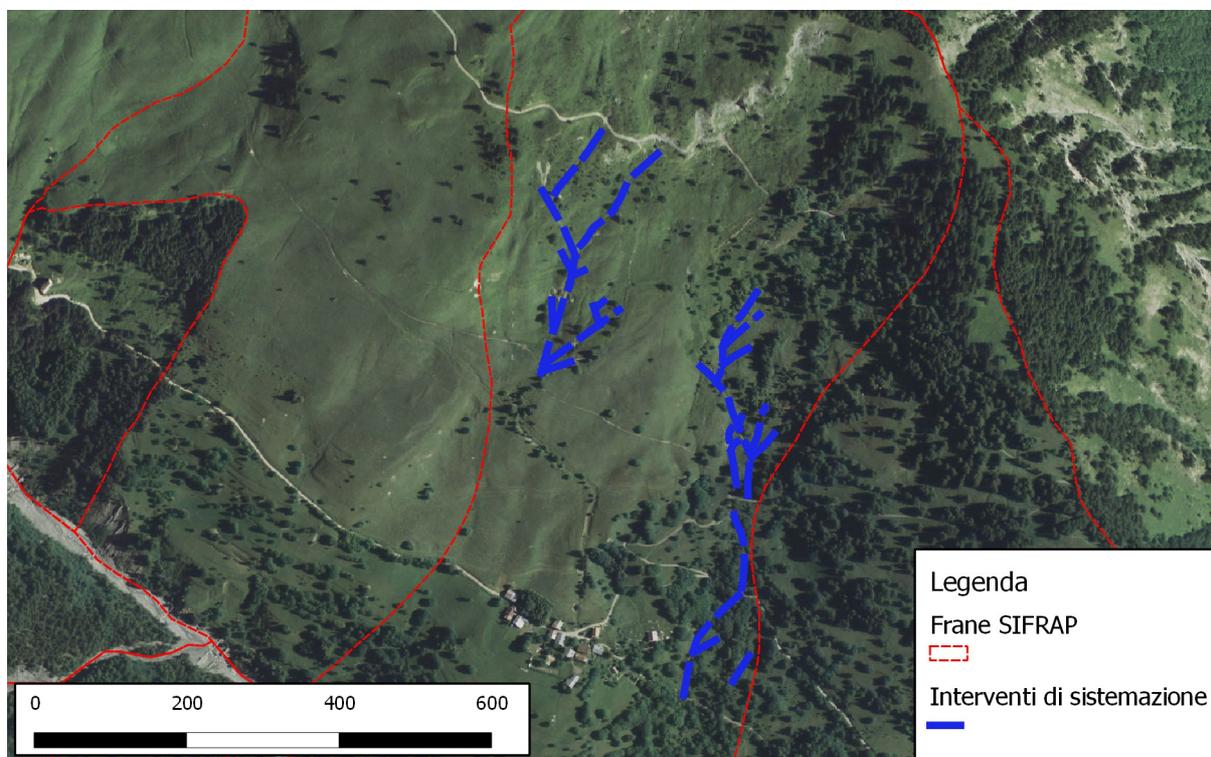


Figura 6.1 - Interventi per la regimazione delle acque superficiali, identificabili da ortofoto. Base orto-fotografica Portale Cartografico Nazionale, 2006.

6.2 Possibile evoluzione del fenomeno (scenari)

Le caratteristiche del fenomeno analizzate permettono di ipotizzare che l'evoluzione futura del fenomeno avverrà con meccanismi paragonabili a quelli attuali. Si ritiene pertanto che il dissesto in futuro continuerà ad evolvere con velocità di movimento "estremamente lente" (Varnes, 1978). Come già evidenziato dal comportamento avvenuto in seguito alle annate 2008-2009 in caso di piogge intense e prolungate o di annate con nevicate eccezionali è possibile che si manifestino accelerazioni del movimento che, a causa della vastità del fenomeno, avverrebbero comunque con notevole ritardo temporale, peraltro difficilmente quantificabile. E' ragionevolmente da escludersi un'ipotesi di evoluzione parossistica del fenomeno.

Non si può escludere invece l'attivazione di fenomeni locali più superficiali, in particolare in corrispondenza delle zone di maggior potenza dell'accumulo superficiale con caratteristiche geotecniche maggiormente scadenti ed in zone con maggior acclività o con presenza di elementi morfologici indicativi di instabilità locali.