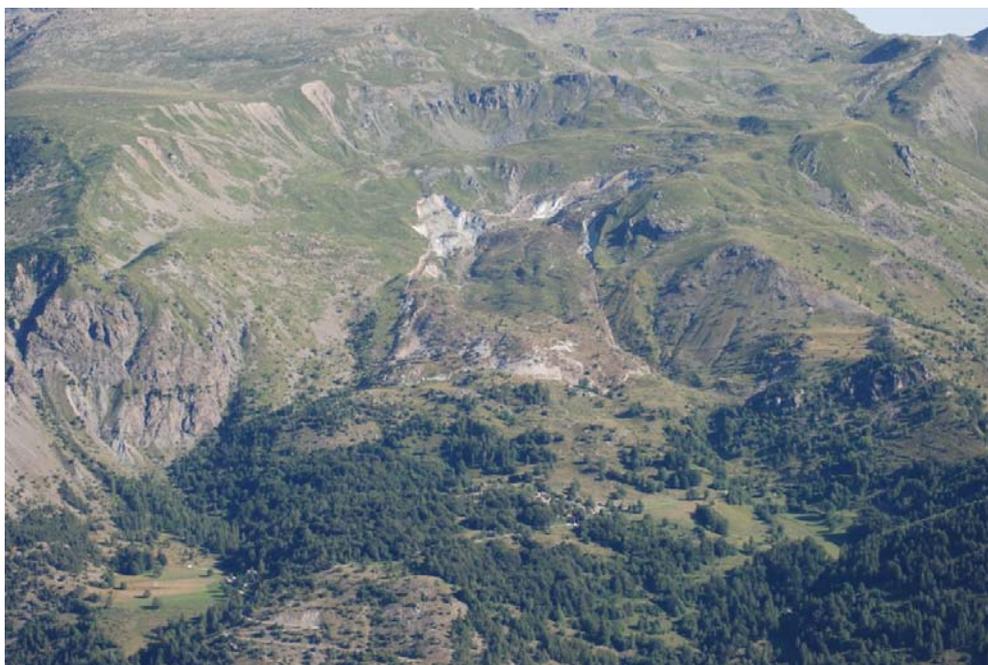




**Progetto ALCOTRA RISKNAT**  
**Azione B2**  
**SISTEMA INFORMATIVO FRANE IN PIEMONTE**  
**Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento**

*Provincia di Cuneo*  
**Comune di Sampeyre**  
*località Grange Orgiera*



Redazione: Daniele Bormioli, Sara Di Priolo, Luca Lanteri, Michele Morelli - Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto – Arpa Piemonte

In prima pagina panoramica della frana di Grange Orgiera attivatosi nel luglio del 2009. Foto archivio Arpa Piemonte, scattata dal versante opposto il 25/07/2009.

## Indice

1Premessa.....	4
2Introduzione.....	5
3Informazioni e dati disponibili.....	7
3.1Documentazione disponibile.....	7
3.2Quadro relativo a vincoli ed aspetti normativi.....	9
3.3Voli aerei disponibili.....	11
3.4Dati interferometrici disponibili.....	11
4Analisi del dissesto.....	13
4.1Inquadramento geologico-regionale.....	13
4.2Analisi geologico-geomorfologica.....	16
4.3Analisi dei dati strutturali.....	20
4.4Descrizione del fenomeno.....	24
4.5Fattori predisponenti e determinanti.....	26
4.6Danni.....	29
5Sistemi di controllo.....	30
5.1Dati topografici GPS.....	30
5.2Dati interferometrici.....	42
6Bibliografia.....	46

## **1 Premessa**

La presente scheda di approfondimento al III livello del SIFraP (Sistema Informativo dei fenomeni Franosi in Piemonte) è stata realizzata nell'ambito del progetto INTERREG Alcotra RiskNat. La quasi totalità delle informazioni riportate nella scheda derivano dalle valutazioni effettuate dal Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto di Arpa Piemonte, la maggior parte delle quali riportate nella relazione tecnica realizzata da Arpa Piemonte (SC22 – SC15 – SC05) congiuntamente con Regione Piemonte (Settore Protezione Civile e Sistema Anti Incendi Boschivi A.I.B.) nel novembre del 2009, ovvero pochi mesi dopo l'attivazione del fenomeno principale (luglio 2009). Ulteriori approfondimenti sono stati gli svolti nell'ambito della tesi di dottorato di Di Priolo, in corso di realizzazione in collaborazione con Arpa Piemonte (Di PRIOLO, 2012).

## 2 Introduzione

La frana di Sampeyre, località Grange Orgiera (codice SIFraP 004-60273-00), si è attivata nel luglio del 2009, a seguito delle intense precipitazioni nevose dell'inverno 2008-2009 e delle successive piogge primaverili. In tale occasione, il fronte dell'accumulo ha sormontato una stalla, ubicata poco a nord del nucleo storico di Grange Orgiera, e la strada di accesso alle Grange Orgiera è stata asportata per un tratto di circa 170 m. Il fenomeno, classificabile come scivolamento rotazionale evolvente in colamento lento, si è verificato su un versante esposto a meridione, in sinistra idrografica del torrente Varaita, a monte dell'abitato di Villar (Figura 2.1).

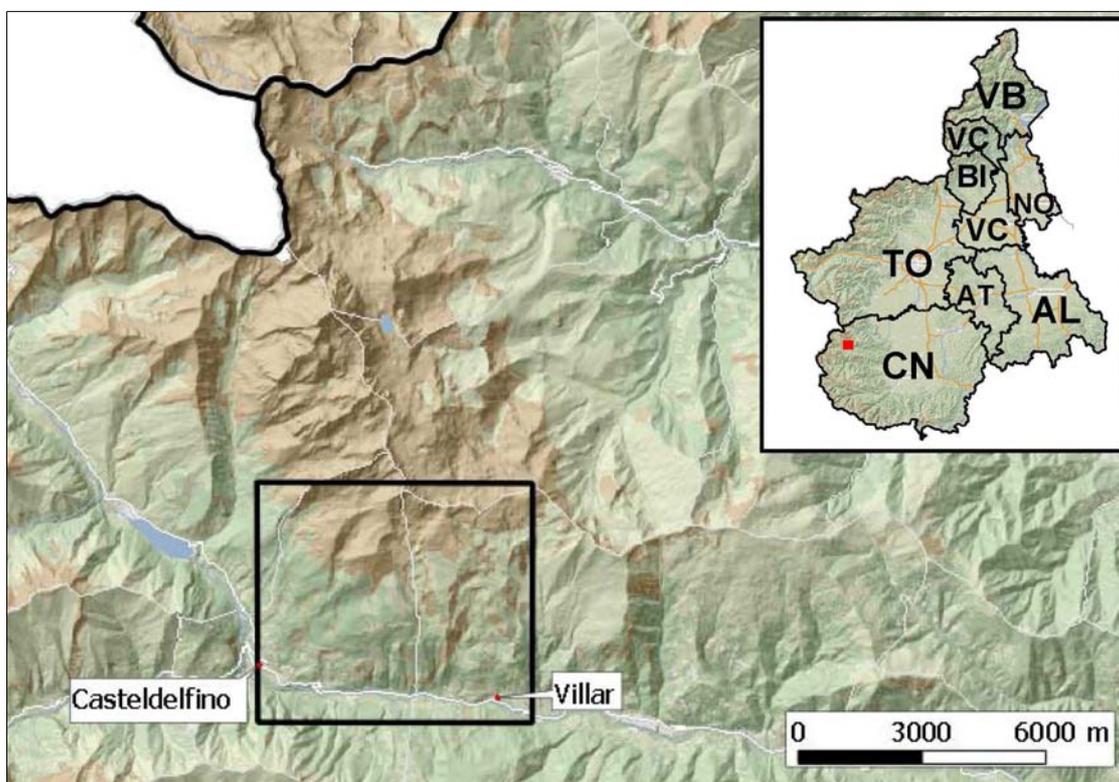
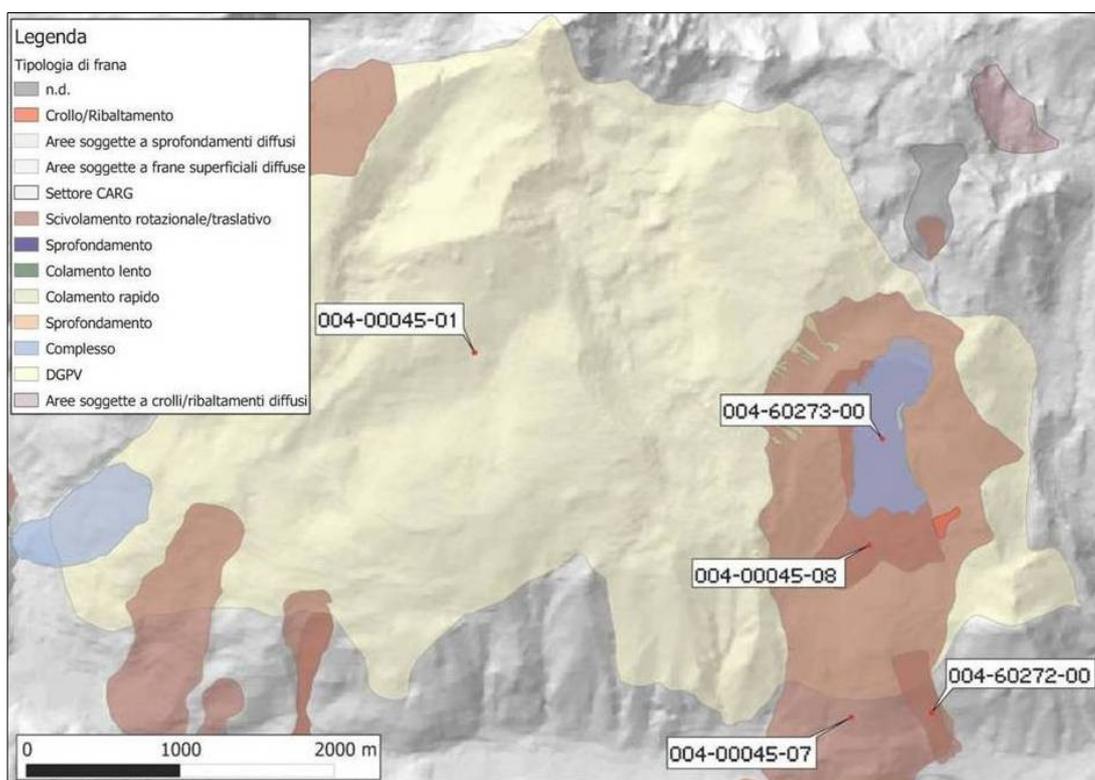


Figura 2.1 – Ubicazione dell'area in frana oggetto della presente monografia (box nero).

Dal settembre del 2009 il fenomeno 004-60273-00 è monitorato con un sistema di controllo costituito da 16 capisaldi GPS e una base distanziometrica. Da allora le misure, effettuate con cadenza semestrale, registrano un continuo movimento (ultima misura effettuata nel 10 ottobre 2012). Le indagini di interferometria satellitare SqueeSAR™ (del satellite canadese RADARSAT, periodo di riferimento 2003-2009) e PSInSAR™ (dei satelliti europei ERS1-2, periodo di riferimento 1992-2001) mostrano pochi bersagli all'interno dell'area in frana, nonostante siano molto diffusi elementi fisici imputabili a bersagli interferometrici. La perdita di coerenza delle superfici esposte può essere giustificata dal fatto che la velocità di deformazione dell'intero corpo di frana si attestava su valori superiori alla soglia di rilevamento della tecnica interferometrica (> di 2.8 cm tra due acquisizioni consecutive). Tale soglia, infatti, produce un cambiamento delle condizioni di riflettività dell'oggetto tale da non essere più distinto nell'acquisizione successiva.

L'area è già nota per eventi franosi avvenuti in passato e ancora ben riconoscibili sia sul terreno che da

fotointerpretazione. Come è possibile osservare dalla Figura 2.2, a scala di versante il settore sinistro idrografico della valle, a monte degli abitati di Villar e Casteldelfino, è interessato da una estesa Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) (codice SIFraP 004-00045-01) che coinvolge circa 20 km<sup>2</sup> di territorio. In questo contesto si inserisce la frana in esame che rappresenta la riattivazione di un movimento gravitativo più esteso (codice SIFraP 004-00045-08) a sua volta sovrapposto ad una frana di dimensioni maggiori il cui accumulo ha raggiunto in passato il fondovalle (codice SIFraP 004-00045-07, 004-60272-00). Sulla base dell'esame aereo-fotogrammetrico si può affermare che le riattivazioni più recenti, i cui accumuli risultano ancora ben visibili sul terreno, si sono sempre arrestate a monte delle frazioni di Pui e Ciampanesio (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).



**Figura 2.2 – Dettaglio dell'area in frana con ubicazione dei fenomeni principali (planimetria dei dissesti tratta dalla banca dati IFFI/SIFraP di Arpa Piemonte).**

### 3 Informazioni e dati disponibili

#### 3.1 Documentazione disponibile

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

Tabella 3.1 – Riepilogo documentazione disponibile nell'archivio FONTI e DOCUMENTAZIONE di Arpa Piemonte

Codice	Titolo	Tipo	Anno	Autori
310303	Carta strutturale del Monviso	Articolo		Philippot Pascal
305895	Osservazioni preliminari sulle ofioliti metamorfiche del Monviso (Alpi Occidentali)	Articolo	1978	Lombardo Bruno, Nervo Renato, Compagnoni Roberto, Messiga Bruno, Kienast Jean Robert, Mevel Catherine, Fiora Laura, Piccardo Giovanni B., Lanza Roberto
244122	Carta della dinamica dei versanti. Media Valle Varaita	Cartografia	1984	Biancotti Augusto, Gallo Maurizio, Menzio Giovanni (Cnr - Centro per lo Studio Dell'Orogeno delle Alpi Occidentali; Università di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra)
40029	Studio geologico-strutturale di un'unità di calcescisti lungo due traverse in valle Maira e valle Varaita (Alpi Cozie)	Tesi	2005	Mondino Fiammetta, Borghi Alessandro, Gattiglio Marco (Università di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra)
221422	Segnalazione frana in località Orgiera-Puy nel Comune di Sampeyre	Studio	22/07/2009	Aigotti Donatella, Pagliero Antonio (Arpa Piemonte)
222695	Segnalazione frana in località Orgiera-Puy nel Comune di Sampeyre	Studio	06/08/2009	Aigotti Donatella, Pagliero Antonio (Arpa Piemonte)
241393	La frana di Grange Orgiera nel Comune di Sampeyre (CN)	Studio	11/2009	Arpa Piemonte (SC22 – SC15 – SC05); Regione Piemonte (Settore Protezione Civile e Sistema Anti Incendi Boschivi A.I.B.)

Il documento con codice **310303** contiene la cartografia geologico-strutturale prodotta da Pascal Philippot nella sua tesi di dottorato. In tale lavoro il dott. Philippot ha delineato in maniera chiara e dettagliata i rapporti tra le diverse unità che compongono il massiccio del Monviso.

Nel documento con codice **305895**, Lombardo *et al.* (1978) presentano lo stato delle conoscenze ed i primi risultati di un programma coordinato sulle ofioliti metamorfiche del Monviso (Alpi Cozie meridionali). La carta geologica del Gruppo del Monviso alla scala 1:50.000, allegata a questo lavoro, è stata compilata in base ad un rilevamento sistematico alla scala 1:12.500 e rappresenta un ottimo dettaglio dal punto di vista geologico e petrografico rispetto alla cartografia nazionale in scala 1:100.000 (Carta Geologica d'Italia).

La cartografia **244122** è, insieme ad altre due carte (Alta e Bassa Valle Varaita), il prodotto finale di uno studio di Biancotti *et al.* (1984), i quali hanno analizzato, principalmente dal punto di vista geomorfologico, l'intera Valle Varaita. La carta geomorfologico-geologica, in scala 1:25.000, evidenzia le forme e i processi di versante attivi (erosione e deposito), l'azione delle acque correnti (erosione e deposito) e le azioni glaciali, periglaciali e nivali.

Nella sua tesi di dottorato (codice **40029**), la dott.ssa Mondino si è occupata dello studio dell'assetto tettono-stratigrafico e metamorfico-strutturale di unità pennidiche di crosta sia continentale che oceanica nella porzione meridionale delle Alpi Occidentali. In dettaglio, si sono studiate delle unità di calcescisti

derivanti da successioni di copertura di crosta oceanica: i calcescisti tettonicamente compresi fra il Massiccio Dora Maira (unità di crosta continentale) e l'Unità delle Serpentiniti basali (unità di crosta oceanica riferibili al Massiccio Ofilitico del Monviso) e quelli tettonicamente compresi tra le Unità Ofiolitiche del Monviso e l'Unità del Pelvo d'Elva, riferibile alle successioni di copertura Brianzonesi (unità di piattaforma continentale). Inoltre sono stati studiati i contatti fra le unità citate al fine di definirne la natura dei rapporti.

A seguito della segnalazione del comune di Sampeyre (09/07/2009), Arpa Piemonte ha effettuato un primo sopralluogo urgente, in data 13/07/2009, al fine di valutare le condizioni di rischio ricollegabili alla frana in oggetto (codice SIFraP 004-60273-00). Nella rispettiva relazione di sopralluogo (**221422**) viene realizzata una prima breve descrizione dello stato del fenomeno alla quale seguono alcune proposte di intervento e monitoraggio.

Successivamente Arpa Piemonte ha effettuato ulteriori sopralluoghi ravvicinati nel tempo (23-25-27-30/07/09) per monitorare l'evoluzione della frana e valutare le condizioni di rischio ad essa correlate. In seguito a tali sopralluoghi viene prodotta una nuova relazione (**222695**) molto più dettagliata in cui vengono approfonditi gli aspetti geologico-geomorfologici del settore in frana e vengono descritti gli interventi fino ad allora effettuati. In conclusione viene sottolineata l'importanza di predisporre un dettagliato piano di protezione civile che permetta di gestire un'eventuale emergenza collegata al dissesto in esame, garantendo la sicurezza delle persone sia in relazione alle frazioni presenti sia per quanto riguarda la viabilità potenzialmente interessata.

Una successiva analisi integrativa (documento **241393**) è stata effettuata da Arpa Piemonte (SC22 – SC15 – SC05) in collaborazione con Regione Piemonte (Settore Protezione Civile e Sistema Anti Incendi Boschivi A.I.B.) al fine di fornire un quadro completo del fenomeno di Grange Orgiera tramite l'analisi meteorologica, l'osservazione delle risultanze del monitoraggio (GPS, topografico tradizionale e distanziometrico) e tramite l'analisi dei dati di interferometria satellitare PSInSAR<sup>TM</sup>. Segue un allegato fotografico contenente le riprese da elicottero del 5 agosto 2009.

### 3.2 Quadro relativo a vincoli ed aspetti normativi

Si riportano, qui di seguito, le cartografie tematiche dei principali strumenti normativi che comportano l'applicazione di vincoli d'uso del territorio per quanto riguarda la pianificazione urbanistica, ovvero le cartografie dei dissesti del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) e del PRGC (Piano Regolatore Generale Comunale).

L'area in esame ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di bacino del fiume Po, di cui si riporta in Figura 3.2 la perimetrazione dei fenomeni franosi estrapolata dalla "Delimitazione delle aree di dissesto" (scala 1:25.000) dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del PAI sovrapposta alla cartografia dell'IFFI/SIFraP in scala 1:10.000.

Inoltre, l'area di studio ricade tra i comuni di Casteldelfino a ovest e quello di Sampeyre a est. In figura 3.2 si riportano alcuni elaborati relativi ai PRGC dei due comuni.

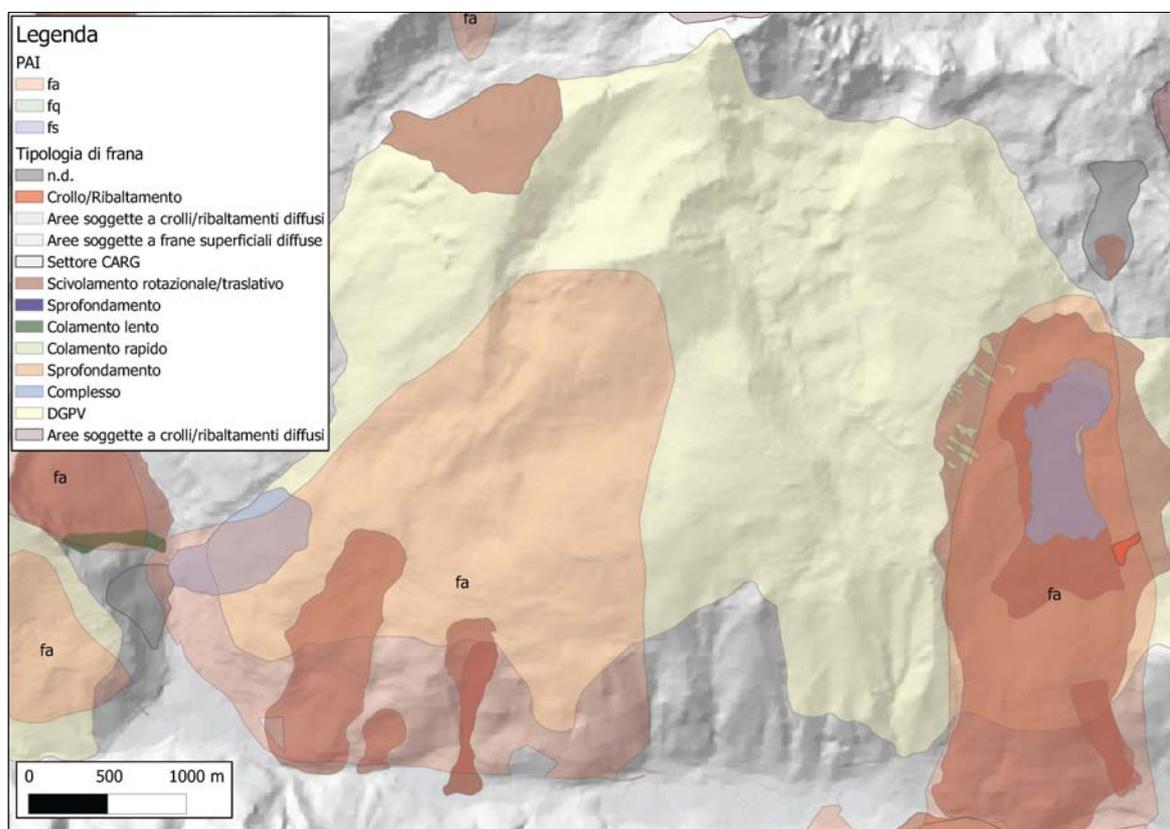


Figura 3.1 – Perimetrazione dei settori in frana come riportata nella "Delimitazione delle aree di dissesto" del PAI in scala 1:25.000, sovrapposta alla cartografia dell'IFFI/SIFraP in scala 1:10.000. In legenda: fa, fq e fs corrispondono rispettivamente a frana attiva, quiescente e stabilizzata. Sostanzialmente sono due i fenomeni cartografati nel PAI in corrispondenza dell'area in esame; entrambi sono stati considerati attivi.

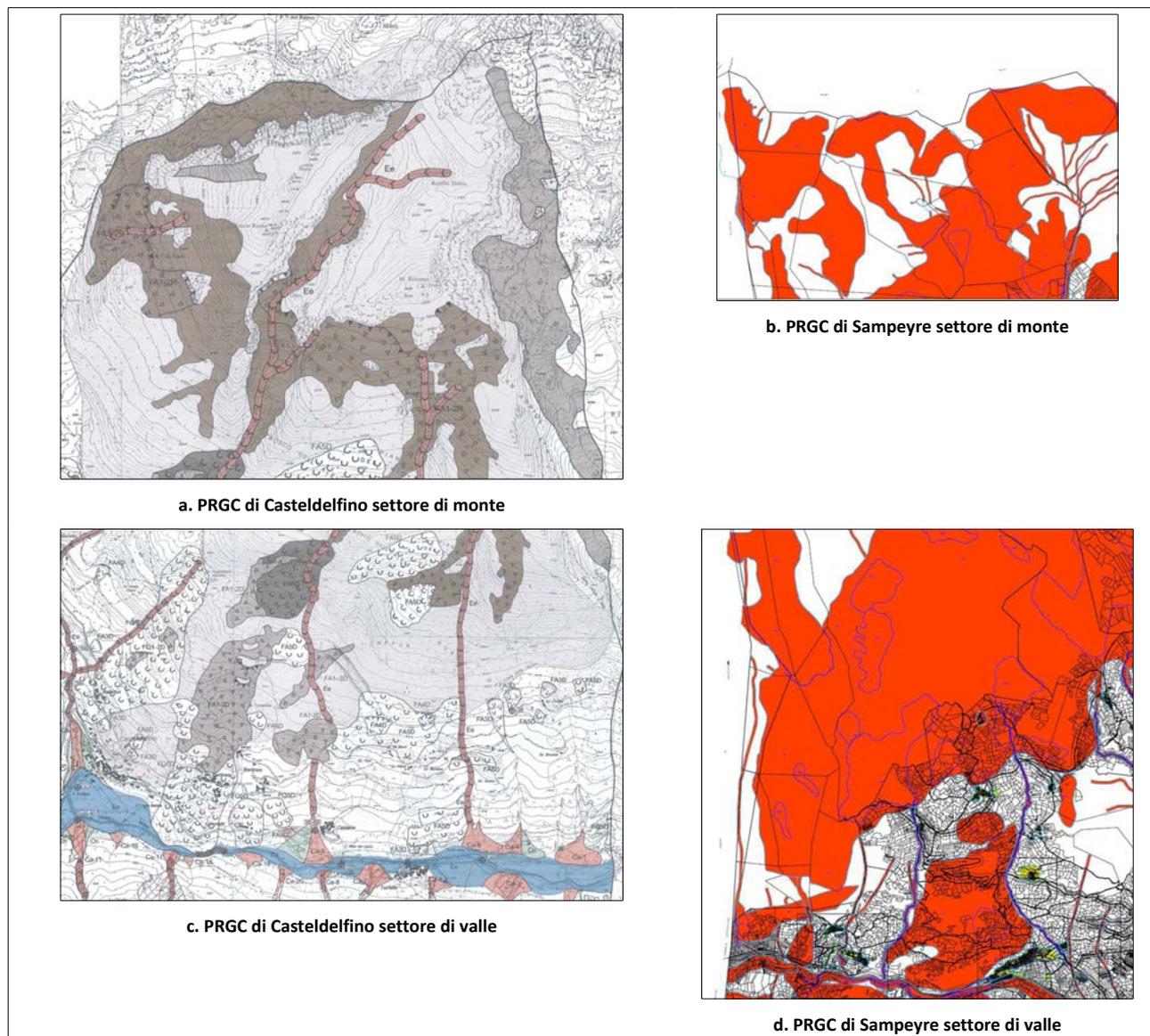


Figura 3.2 – Cartografie tematiche dei PRGC dei comuni di Casteldelfino e Sampeyre. Nello specifico di Casteldelfino si riporta (a, c) il *Quadro del dissesto* (prodotto in scala 1:10.000) della porzione di territorio comunale in cui ricade l'area di studio. In tale carta, in grigio chiaro è rappresentata la DGPV e con i grigi/marroni più scuri tutti i fenomeni gravitativi minori. Del Comune di Sampeyre, invece, si riporta (b, d) la *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica del territorio comunale* (redatta in scala 1:5.000), in rosso sono rappresentate le aree che rientrano nella classe di pericolosità IIIa (comprendenti frane, esondazioni, conoidi e valanghe), ovvero porzioni di territorio le cui aree descritte sono inidonee a nuovi insediamenti, quindi ineditabili sia per privati che per l'Ente pubblico (vale comunque quanto precisato all'art. 31 della L.R. 56/77 e s. m. i.).

### 3.3 Voli aerei disponibili

**Tabella 3.2 – Riepilogo dei voli aerei disponibili**

Nome Volo	Scala	Compagnia	Anno
Volo Regione Piemonte 2000	1:15.000	Compagnia Generale Ripresearee S.P.A. (Parma)	2000-2001
Volo Rossi	1:31.000	Rossi s.r.l., Vicenza (Sede operativa - Brescia)	1991
Volo Ferretti	1:15.000	Compagnia Generale Ripresearee S.P.A. (Parma)	1979-1980

### 3.4 Dati interferometrici disponibili

Per l'area in esame sono disponibili le elaborazioni, effettuate con tecnica PSInSAR™, relative al seguente dataset in Tabella 3.3 (dati provenienti dai satelliti europei ERS1-2; periodo di riferimento 1992-2001):

**Tabella 3.3 – Riepilogo delle elaborazioni effettuate da TRE (Telerilevamento Europa s.r.l.) sui dati ERS**

<b>Dataset:</b>	<b>FOSSANO_ERS_D_T22_2709</b>
Tipo di analisi	SPSA (Standard Permanent Scatters Analysis)
Satellite utilizzato	ERS-1 e ERS-2
Numero di scene utilizzate	83
Intervallo temporale di analisi	03/05/1992 – 10/01/2001
Master acquisition	25/06/97
Track / Frame	22 / 2709
Sistema di proiezione	ED50 - UTM 32N
Orbita	Discendente
Coordinate del punto di riferimento	NORTH: 4934273.98 EAST: 375165.83
Estensione dell'area di interesse	2484 Km2
Numero di PS identificati	126010
Coordinate del versore di puntamento	N: -0.10153 E: 0.41928 H: 0.90216

Sono, inoltre, disponibili le elaborazioni, effettuate con tecnica SqueeSAR™, relative ai seguenti dataset nelle Tabella 3.4 e Tabella 3.5 (dati provenienti dal satellite canadese RADARSAT, periodo di riferimento 2003-2009):

**Tabella 3.4 – Riepilogo delle elaborazioni effettuate da TRE sui dati RADARSAT ascendenti**

Dataset:	CASTELDEFINO_RSAT_S3_A_T190	CASTELDEFINO_LOCAL_RSAT_S3_A_T190
Tipo di analisi	Regional SqueeSAR™ Analysis	Regional SqueeSAR™ Analysis
Satellite utilizzato	RSAT-S3	RSAT-S3
Geometria di acquisizione	ASCENDING	ASCENDING
Numero di scene utilizzate	78	78
Intervallo temporale di analisi	18/9/2003 - 15/12/2009	18/9/2003 - 15/12/2009
Master acquisition UTC Time	17:19:57	17:19:57

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento  
**Comune di Sampeyre, località Grange Orgiera**

Sistema di proiezione	WGS_1984_UTM_Zone_32N	WGS_1984_UTM_Zone_32N
Coordinate del punto di riferimento	NORTH: 4925115,3863 EAST: 369793,5995	NORTH: 4925115,3863 EAST: 369793,5995
Estensione dell'area di interesse	2040,21 Km <sup>2</sup>	32,56 Km <sup>2</sup>
Numero di PS identificati	145534	28460
Coordinate del versore di puntamento	N: -0.09424 E: -0.56691 H: 0.81837	N: -0.09424 E: -0.56691 H: 0.81837

**Tabella 3.5 – Riepilogo delle elaborazioni effettuate da TRE sui dati RADARSAT discendenti**

<b>Dataset:</b>	<b>CASTELDEFINO_RSAT_S3_D_T340</b>	<b>CASTELDEFINO_LOCAL_RSAT_S3_D_T340</b>
Tipo di analisi	Regional SqueeSAR™ Analysis	Regional SqueeSAR™ Analysis
Satellite utilizzato	RSAT-S3	RSAT-S3
Geometria di acquisizione	DESCENDING	DESCENDING
Numero di scene utilizzate	78	78
Intervallo temporale di analisi	14/4/2003 - 2/12/2009	14/4/2003 - 2/12/2009
Master acquisition UTC Time	5:39:22	5:39:22
Sistema di proiezione	WGS_1984_UTM_Zone_32N	WGS_1984_UTM_Zone_32N
Coordinate del punto di riferimento	NORTH: 4925312,0321 EAST: 369222,1939	NORTH: 4925312,0321 EAST: 369222,1939
Estensione dell'area di interesse	2028,45 Km <sup>2</sup>	34,39 Km <sup>2</sup>
Numero di PS identificati	112248	28298
Coordinate del versore di puntamento	N: -0.11853 E: 0.55071 H: 0.82624	N: -0.11853 E: 0.55071 H: 0.82624

## 4 Analisi del dissesto

### 4.1 Inquadramento geologico-regionale

Le rocce che caratterizzano l'area in esame appartengono al Complesso Ofiolitico del Monviso (Alpi Cozie) che rappresenta uno dei maggiori affioramenti di ofioliti metamorfiche delle Alpi Occidentali, estendendosi in forma di lente allungata in senso meridiano, dalla Val Varaita fino alla Val Germanasca, per oltre 35 km (Figura 4.1). Le ofioliti del Monviso, analogamente agli altri complessi ofiolitici delle Alpi Occidentali, derivano dall'evoluzione strutturale del bacino alpino-appenninico che si aprì nel Giurese fra le placche europea e sud-alpina e, come essi, sono state coinvolte nella fase eoalpina di subduzione responsabile della scomparsa di gran parte di questo bacino (DAL PIAZ, 1974; LOMBARDO *et al.*, 1978).

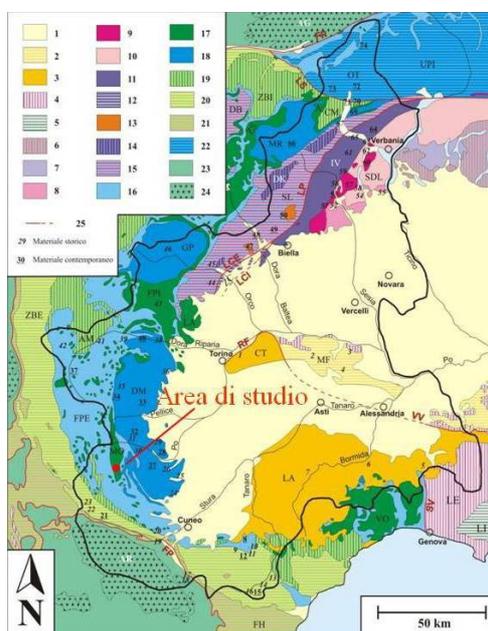
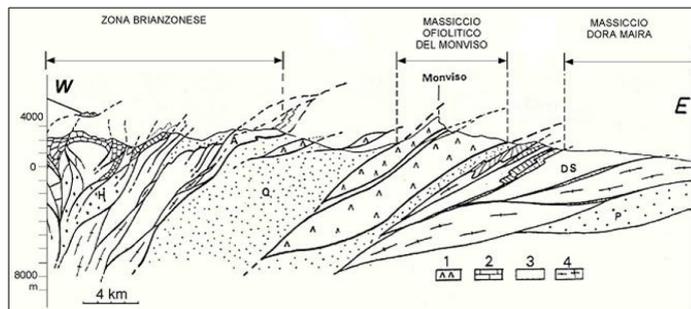


Figura 4.1 – Carta Geologica delle Alpi Occidentali: Depositi quaternari (1); BACINO TERZIARIO LIGURE-PIEMONTESE: Depositi oligo-miocenici del Monferrato (2), Depositi Oligo-miocenici delle Langhe, Collina di Torino e Gonfolite (3); APPENNINO SETTENTRIONALE: Liguridi Esterne (4), Liguridi Interne (5); DOMINIO SUDALPINO: Bacino Lombardo (6), Depositi clastici post-ercinici (7), Vulcaniti permiane (8), Graniti dei Laghi (9), Serie dei Laghi (10), Zona Ivrea – Verbanese (11), Zona del Canavese (12); DOMINIO AUSTROALPINO: Plutoni Periadriatici (Biella e Vico) (13), Zona Diorito-Kinzigitica (14), Zona Sesia Lanzo (15); DOMINIO PENNIDICO: Falda Piemontese Esterna (16), Falda Piemontese Interna (17), Massicci Cristallini Interni (UPS) (18), Zona Briançonnese Interna (19), Zona Briançonnese Esterna (20), Zona Sub-Briançonnese e Flysch a Helminthoidi (21), Unità Pennidiche Inferiori (UPI) (22); DOMINIO ELVETICO: Coperture Meso-Cenozoiche (23), Massicci Cristallini esterni (24).

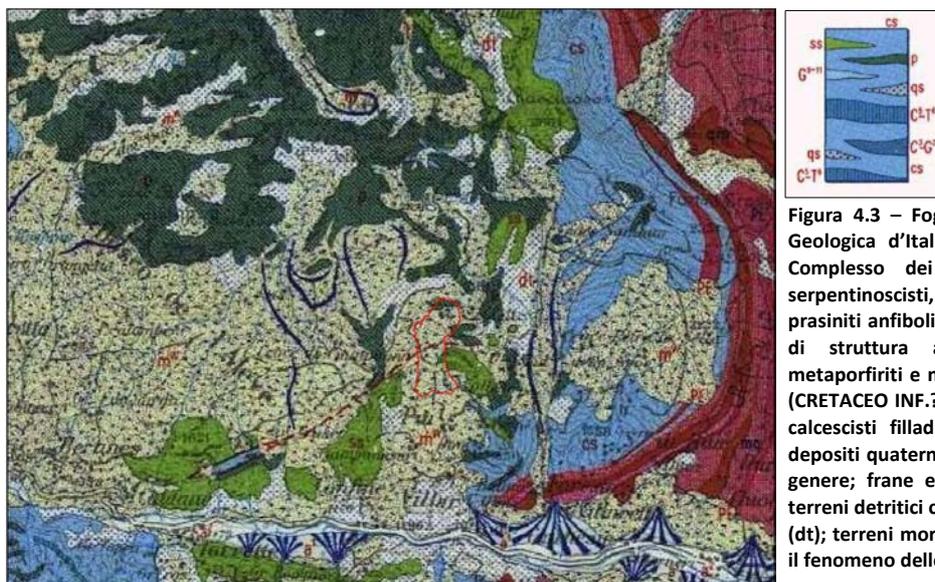
Il grande klippe ofiolitico del Monviso si presenta intercalato nei calcescisti, ma è delimitato, a tetto e a letto, da un marcato orizzonte tettonico. Si tratta probabilmente di una imponente scaglia, di provenienza interna, sovrascorsa alla sequenza dei calcescisti e profondamente incuneata in essa, forse in rapporto a una struttura di inviluppo tettonico. A grandi linee si riscontra al Monviso la classica sequenza che contraddistingue molti complessi ofiolitici del bacino del Mediterraneo: dalle serpentine basali, si passa a una irregolare fascia di metagabbri con lenti eclogitiche (specie alla base) e quindi ad una potente serie di prasiniti e metadiabasiti, con frequenti relitti di strutture a cuscini. Il complesso presenta una forte inclinazione verso ovest (Figura 4.2); tale assetto influenza sensibilmente la morfologia del massiccio il cui

versante occidentale offre pareti scoscese e grandi placche, mentre quello orientale è più articolato e a gradini. Per lo stesso motivo, le metabasiti sommitali sono estese a tutto il Vallone della Vallanta, mentre le serpentine basali e i sovrastanti metagabbri affiorano solo sul versante orientale e lungo la Val Varaita (Note illustrative del Foglio 78-79 "Argentera-Dronero", Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000).



**Figura 4.2 – Profilo geologico sintetico delle Alpi Cozie attraverso il Massiccio Ofiolitico del Monviso. MCE: Massicci cristallini esterni; FH: Flysch ad Elmintoidi; H: Carbonifero; A: Zona di Acceglio; Q: Queyras (Unità esterne della Zona dei Calcescisti, a metamorfismo scisti blu); DS: Unità Dronero-Sampeyre; P: Unità grafitica di Pinerolo. 1. Ofioliti; 2. Mesozoico; 3. Permiano; 4. Unità eclogitiche di basamento polimetamorfico (da PHILIPPOT P., 1988, modificato).**

Nel settore in esame, secondo il foglio 78-79 "Argentera-Dronero" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, affiorano i seguenti terreni: nel settore inferiore, indicativamente nel tratto compreso tra il fondovalle Varaita e i 1900 m di quota, a monte delle Grange Orgiera, sono presenti principalmente serpentiniti; nel settore superiore le rocce che costituiscono l'ossatura del versante sono rappresentate da prasiniti e da masse di metagabbri, metaporfiriti e metadiabasi (Figura 4.3). Le due zone litologiche sono poste in contatto da una faglia, che tra gli altri interessa anche il territorio in cui si è verificata l'attivazione più recente in località Grange Orgiera (codice SIFraP 004-60273-00). Ampi settori di versante sono caratterizzati dalla presenza di estesi depositi detritici di natura principalmente gravitativa e secondariamente di origine glaciale, contraddistinti da un avanzato processo di argillificazione. Sulla base delle osservazioni di terreno si può sostanzialmente confermare il quadro riportato dalla cartografia geologica ufficiale, così come la presenza di scaglie di rocce cataclasate, localmente argillificate, confermerebbe la esistenza del lineamento tettonico citato (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).



**Figura 4.3 – Foglio 78-79 "Argentera-Dronero", Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 – Legenda del Complesso dei calcescisti ofiolitiferi: serpentiniti, serpentinoscisti, cloritoscisti, scisti attinolitici (ss); prasiniti anfiboliche, cloritiche ed epidoti che con zone di struttura a cuscini; masse di metagabbri, metaporfiriti e metadiabasi; piccole lenti di eclogiti (p) (CRETACEO INF.? – MALM?); calcescisti, calcemicascisti, calcescisti filladici, filladi calcaree (cs). Legenda dei depositi quaternari: detriti di falda e terreni detritici in genere; frane e detrito a blocchi; detrito di falda e terreni detritici cementati, essenzialmente prewurmiani (dt); terreni morenici stadiali e wurmiani (m<sup>w</sup>) (in rosso il fenomeno delle Grange Orgiera).**

LOMBARDO *et al.* (1978) hanno realizzato una carta geologica del Monviso (redatta in scala 1:50.000, in base a un rilevamento sistematico alla scala 1:12.500). Tale carta geologica è stata molto utile per il maggiore dettaglio rispetto alla cartografia nazionale in scala 1:100.000. Inoltre, in tale elaborato cartografico sono state differenziate le varie litologie che compongono il livello delle *prasiniti anfiboliche, cloritiche ed epidotiche con zone di struttura a cuscini; masse di metagabbri, metaporfiriti e metadiabasi; piccole lenti di eclogiti (p)* rappresentate da un'unica simbologia nella cartografia nazionale (Figura 4.4).

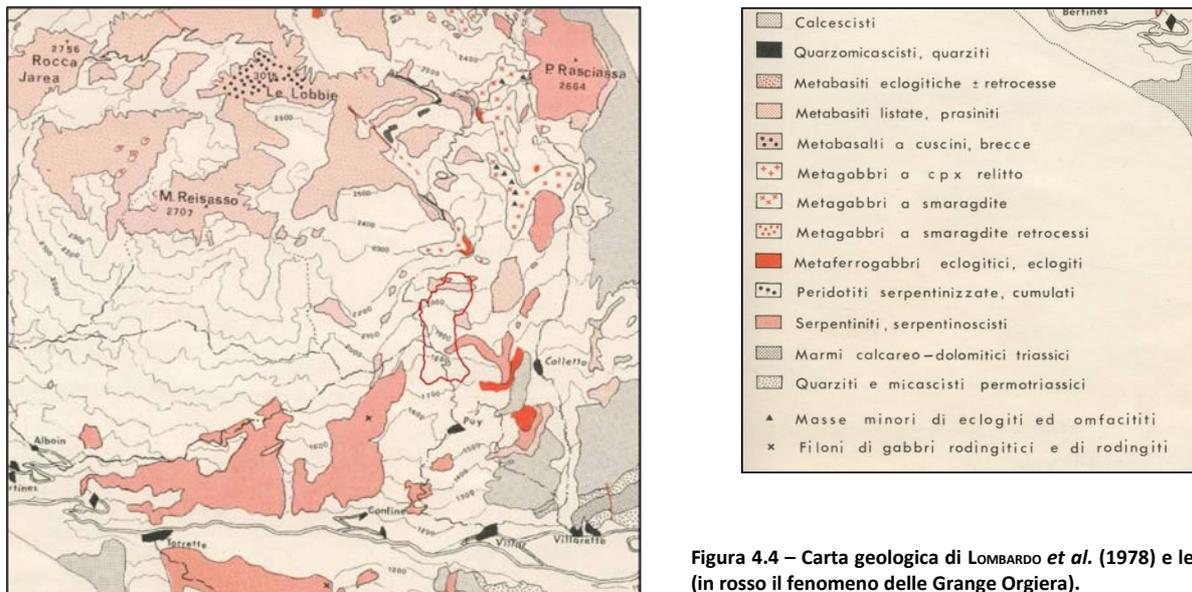


Figura 4.4 – Carta geologica di LOMBARDO *et al.* (1978) e legenda (in rosso il fenomeno delle Grange Orgiera).

Infine, la cartografia della tesi di dottorato di PHILIPPOT (Figura 4.5) offre uno schema più completo della situazione strutturale del Monviso. In prossimità della frana di Grange Orgiera si possono osservare delle strutture con andamento circa N60 che separano le prasiniti dalle serpentinititi; a est del dissesto, invece, si può osservare una grande struttura ad andamento N-S che prosegue verso nord oltre la Punta di Luca.

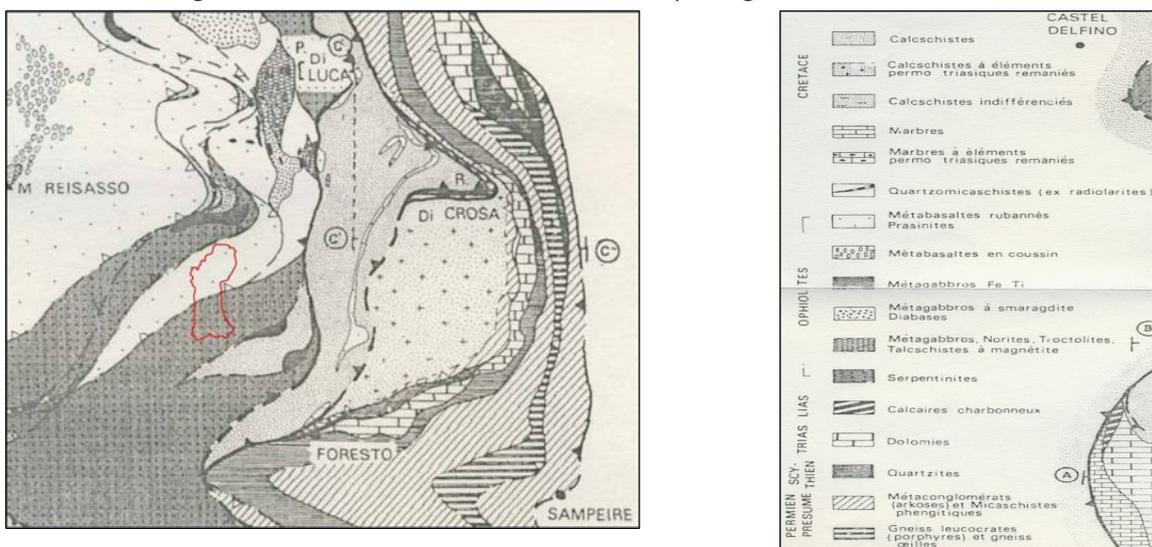


Figura 4.5 – Cartografia geologico-strutturale della tesi di dottorato di PHILIPPOT (in rosso il fenomeno delle Grange Orgiera).

## 4.2 Analisi geologico-geomorfologica

La frana di Sampeyre si è attivata nel luglio del 2009 sul versante in sinistra idrografica del torrente Varaita (figura 4.6), a monte dell'abitato di Villar (1090 m s.l.m.) ed è stata inserita nel SIFraP (Figura 4.7), con codice 004-60273-00, come fenomeno di tipo complesso, in quanto caratterizzata dalla combinazione di un movimento di tipo rotazionale con uno di colamento lento. Il pendio, nel tratto compreso tra il fondovalle Varaita (1080 m s.l.m.) e la cresta soprastante il Pian del Serre (2300 m s.l.m.), è caratterizzato da una pendenza media di 20°; le pendenze maggiori, pari a circa 25°, si riscontrano nel tratto compreso tra il fondovalle e la quota di 1550 m s.l.m., individuabile immediatamente a valle della borgata di Pui, mentre il settore attualmente in frana (1720-2160 m s.l.m.) si contraddistingue per un'inclinazione media di 18° (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).



Figura 4.6 – Stralcio cartografia IGN scala 1:25.000 (progetto Alpi senza Frontiere) con localizzazione indicativa del dissesto (linea tratteggiata rossa). Figura non in scala (Immagine tratta da ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

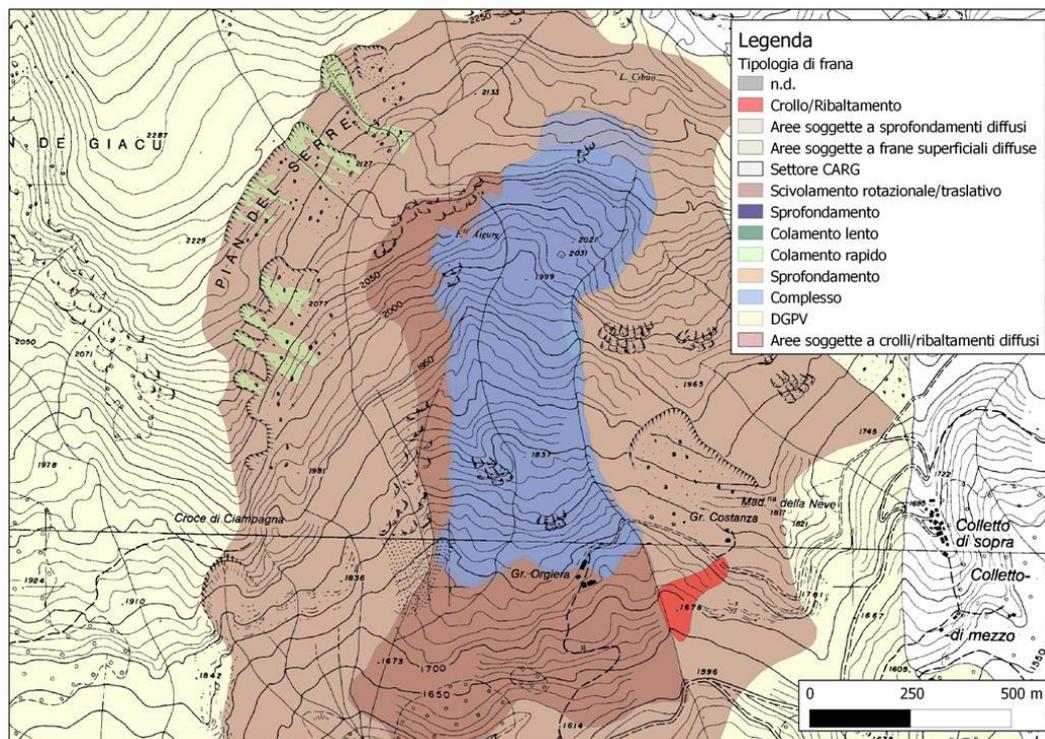


Figura 4.7 – Stralcio della cartografia IFFI/SIFraP, in viola il fenomeno franoso complesso di Sampeyre (codice SIFraP 004-60273-00). Sono state usate come base cartografica le sezioni della CTR (scala 1:10.000) n°190140, 208020.

Come già detto (v. cap. 2, fig. 2.2), l'area è stata storicamente interessata da diversi dissesti di tipo gravitativo che sono facilmente riconoscibili sia tramite indagini di campo che attraverso l'osservazione delle foto aeree di diversi anni (v. tabella 3.2). Il fenomeno di maggiore estensione (circa 20 km<sup>2</sup>) è la DGPV, che è stata inserita nel SIFraP con codice 004-00045-01, la quale interessa in modo diffuso e profondo tutto il versante la cui evoluzione geomorfologica, come si vedrà più avanti, è strettamente vincolata da un controllo strutturale. In questo contesto, si inserisce la frana in esame che rappresenta la riattivazione di un movimento gravitativo più esteso (codice SIFraP 004-00045-08) a sua volta sovrapposto ad una frana di dimensioni maggiori il cui accumulo ha raggiunto in passato il fondovalle (codice SIFraP 004-00045-07). Una locale attivazione del cumulo di frana di quest'ultimo fenomeno (codice SIFraP 004-60272-00), anche se non ci sono prove certe, potrebbe corrispondere al dissesto che nel 1665 investì l'abitato di Villar. Queste tre frane sono state descritte nel SIFraP come fenomeni di scivolamento rotazionale. Verosimilmente, però, quando si attivarono questi dissesti ebbero un'evoluzione simile al movimento complesso delle Grange Orgiera, con colamento lento del cumulo di frana. Ciò si evince dalla presenza di estesi depositi detritici, con forme lobate, di natura principalmente gravitativa e secondariamente di origine glaciale, contraddistinti da un avanzato processo di argillificazione. Sulla base dell'esame aereo-fotogrammetrico, come si legge nella relazione tecnica redatta da ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE (2009), le riattivazioni più recenti, i cui accumuli risultano ancora ben visibili sul terreno, si sono sempre arrestate a monte delle frazioni di Pui e Ciampanesio.

Come è possibile notare dalla carta delle pendenze (figura 4.8), prodotta mediante Quantum GIS a partire da un DTM (10x10m), nei settori posti ad est e ad ovest del fenomeno delle Grange Orgiera le pendenze sono maggiori per via della maggiore competenza della roccia, dovuta all'assenza di estesi fenomeni franosi di tipo rotazionale/colamento. In ogni caso, la pendenza più elevata si riscontra a fondovalle ed è compresa tra 30° e 50°; mentre più a monte sono molto diffuse aree con pendenza intorno ai 20°. Ciò implica che il versante ha una forma convessa con pendenza maggiore a valle, caratteristica delle valli in approfondimento (DI PRIOLO, 2012).



Figura 4.8 – Carta delle pendenze. In rosso il fenomeno delle Grange Orgiera (Immagine tratta da DI PRIOLO, 2012).

La copertura vegetale del versante è rappresentata da arbusti e alberi ad alto fusto nel settore inferiore, più acclive e detritico; nel settore medio-alto prevale nettamente il prato-pascolo. Per quanto riguarda gli insediamenti urbani nel settore medio-inferiore sono presenti piccole borgate e grange utilizzate in funzione dell'attività dei margari: Orgiera, Costanza, Pui, Ciampanesio, Vernè, Dovi (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

Si riporta, infine, in Figura 4.9 uno stralcio della carta geomorfologica in scala 1:10.000 realizzata da DI PRIOLO (2012) nella sua tesi di dottorato (inedita perché in corso di sviluppo). DI PRIOLO (2012) ha effettuato un'analisi geomorfologica su base topografica in scala 1:10.000 (CTR) mediante l'ausilio di fotointerpretazione (foto aeree del 2000, v. tabella 3.2). Parallelamente, è stato eseguito un sopralluogo a monte della frana, fino al Pian di Truc (2500 m s.l.m.), che ha permesso di osservare e cartografare alcune fratture, ovvero delle vere e proprie trincee perpendicolari alla massima pendenza, interpretabili principalmente come strutture di detensionamento dell'ammasso roccioso (riportate in figura 4.9 sotto il nome di "fratturazione"). Lo studio geomorfologico del versante ha portato ad osservare che nel settore



### 4.3 Analisi dei dati strutturali

DI PRIOLO (2012) ha effettuato, in collaborazione con il DT Geologia e Dissesto, un'analisi dello stato di fratturazione degli ammassi rocciosi attraverso l'interpretazione di ortofoto prospettive in 3D, con l'ausilio del software TerraExplorer® (Skyline). Lo studio è consistito nell'individuazione degli affioramenti rocciosi dell'area di studio e nel riconoscimento, all'interno di questi, dei principali sistemi di fratturazione s.l. (fratture, faglie). In tal modo, è stata prodotta una Carta della fratturazione (Figura 4.10).

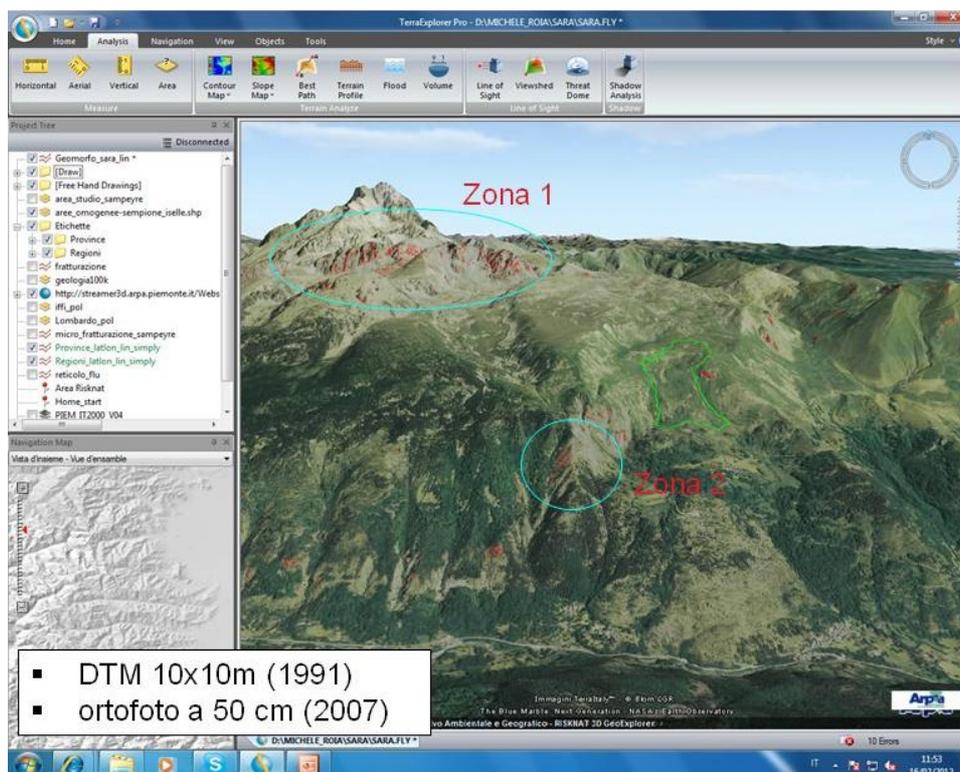


Figura 4.10 – Carta della fratturazione realizzata con il software TerraExplorer®. In azzurro sono evidenziate due aree che sono state analizzate nel dettaglio. In verde la frana delle Grange Orgiera (DI PRIOLO, 2012).

Questo approccio è molto utile per una prima analisi a piccola scala che possa essere di supporto all'analisi di terreno. Esso, infatti, permette non solo di avere un quadro chiaro di quali siano gli affioramenti migliori e di come raggiungerli, ma anche di avere una stima qualitativa del pattern della fratturazione reale dell'ammasso roccioso. Per caratterizzare il pattern della fratturazione sono stati scelti ed esaminati in particolare due settori esterni al corpo di frana delle Grange Orgiera che sono stati denominati “zona 1” e “zona 2”. Per ciascuno di questi settori sono stati realizzati due diagrammi che rappresentano: le *frequenze azimutali* delle fratture s.l. e le *lunghezze cumulative* di tali fratture. In figura 4.11 è mostrata una panoramica della zona 1 con i diagrammi suddetti. Tale area è situata nella porzione di cresta del versante, tra Cima delle Lobbie (3016 m s.l.m.) e Punta Malta (2987 m s.l.m.). In figura 4.12, inoltre, si riporta un particolare di tale settore.

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento  
**Comune di Sampeyre, località Grange Orgiera**

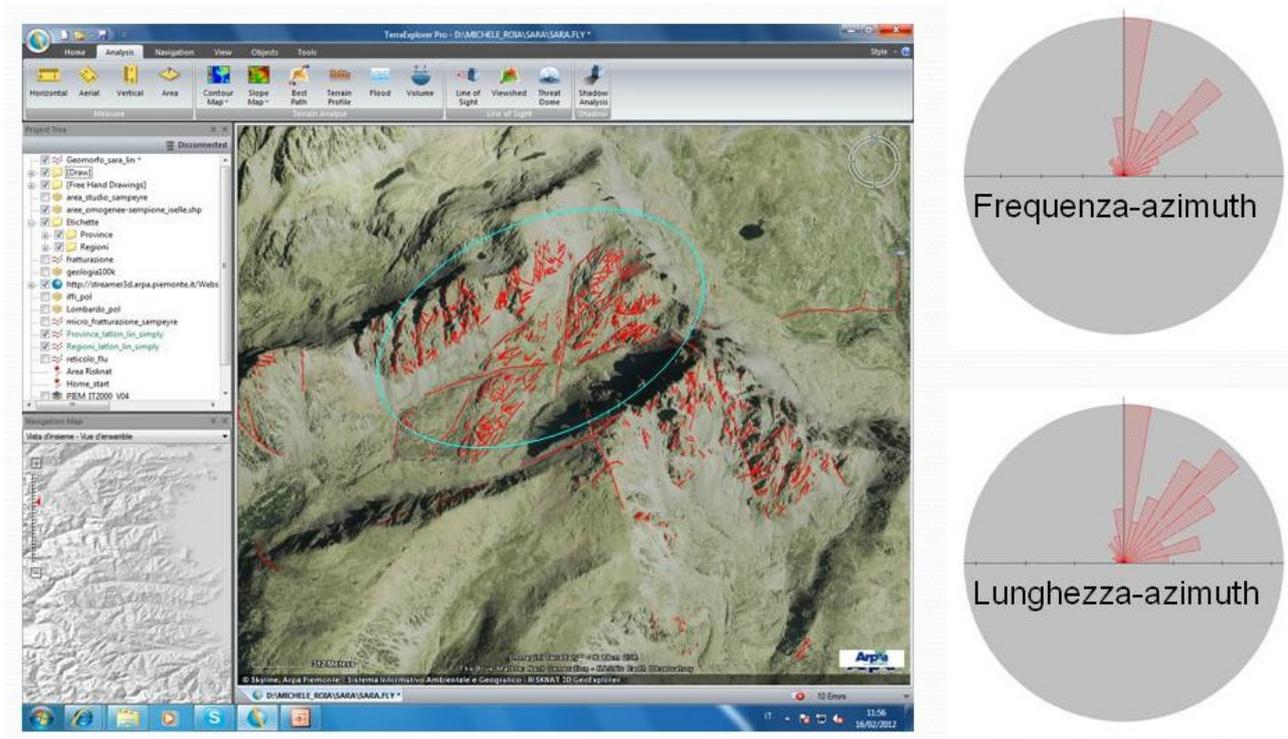


Figura 4.11 – Particolare della carta della fratturazione realizzata con il software TerraExplorer®. Nella zona 1, qui rappresentata, sono state contate 711 fratture s.l., di fianco si riportano i diagrammi a rosa delle frequenze azimutali e delle lunghezze cumulative di tali fratture. La figura è orientata con il nord verso l'alto (Di PRIOLO, 2012).

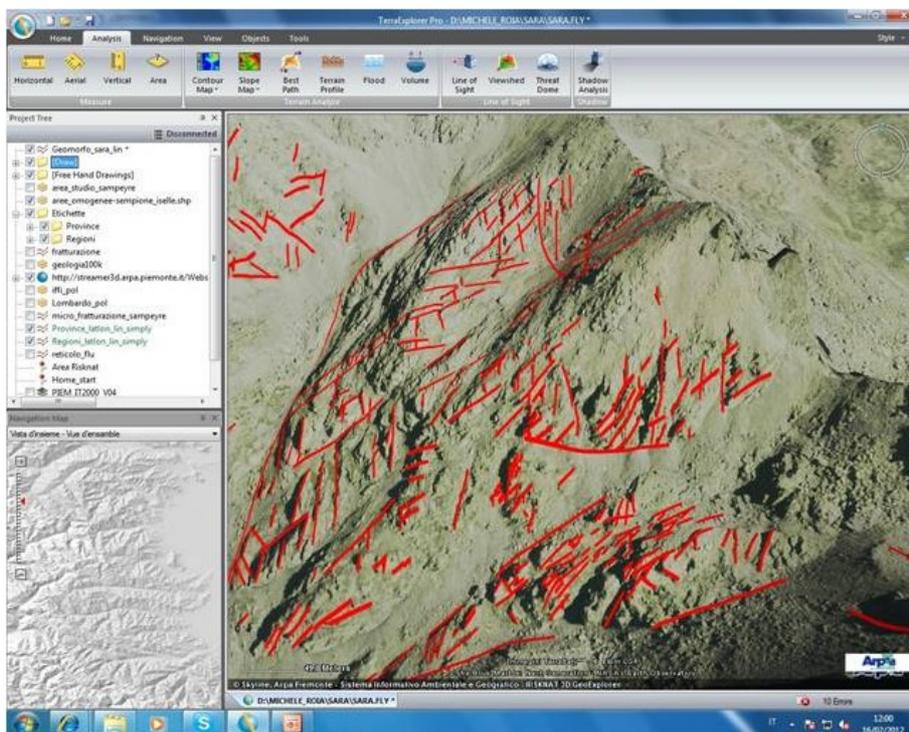
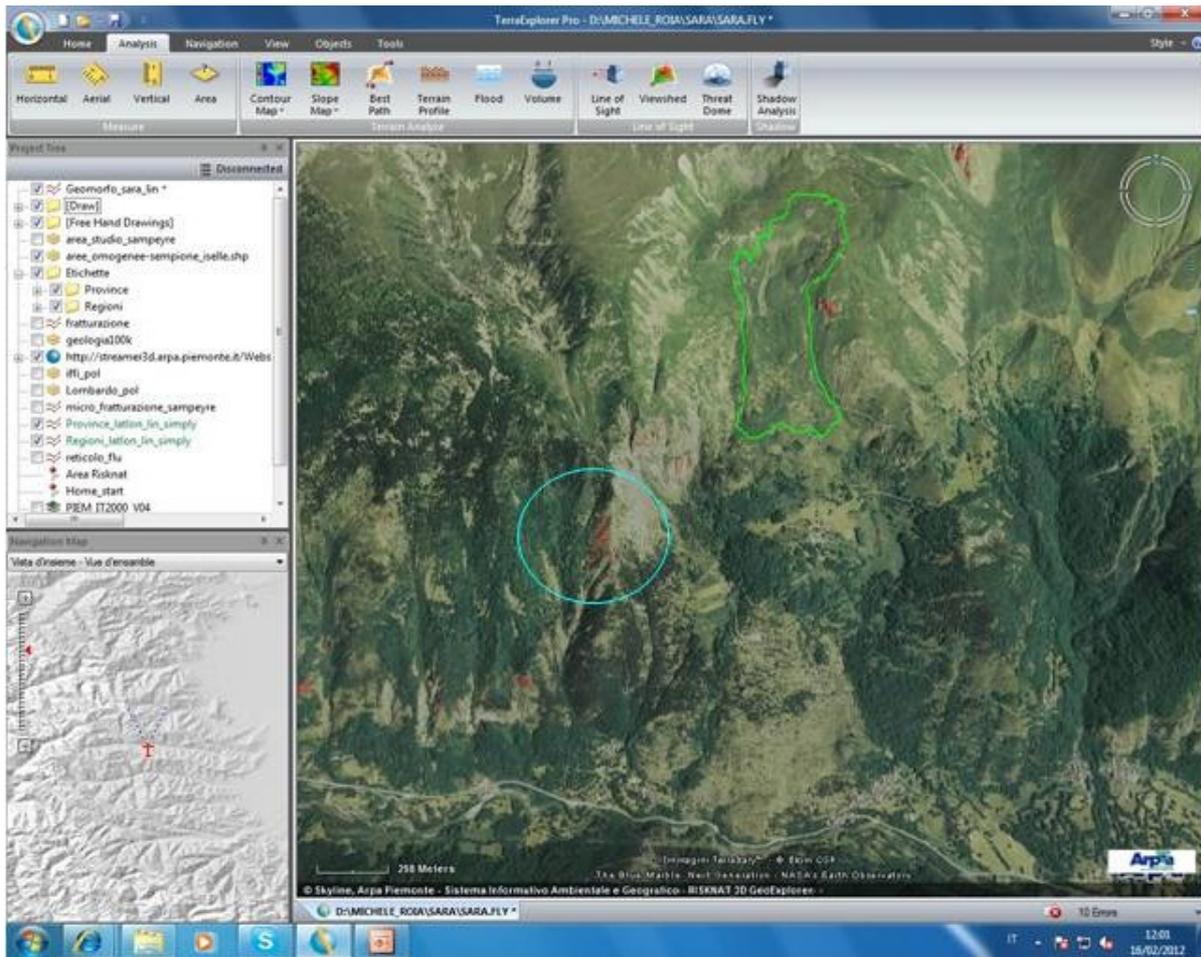


Figura 4.12 – Particolare della zona 1. La figura è orientata con il nord verso l'alto (Di PRIOLO, 2012).

Dallo studio effettuato sulla zona 1 risulta chiara la predominanza di un sistema N-S e di uno N45. Il diagramma delle lunghezze cumulative, inoltre, mette in evidenza anche un sistema N80.

In figura 4.13 si riporta una panoramica della zona 2, situata a SW del fenomeno delle Grange Orgiera. La zona ricade su di una dorsale in località Croce d'Alie a ovest di Ciampanesio, visibile anche nella Carta geomorfologica in figura 4.9 in basso a sinistra.



**Figura 4.13 – Panoramica della zona 2. In verde la frana delle Grange Orgiera. La figura è orientata con il nord verso l'alto (Di PRIOLO, 2012).**

Nell'immagine 4.14, invece, è rappresentato un particolare della zona 2. In tale settore si ha una chiara predominanza di un sistema N-S, con secondari sistemi NW-SE e NE-SW. Nel diagramma delle lunghezze cumulative sono evidenti anche sistemi N40 e N60.

In sintesi, l'analisi della fratturazione delle due zone ha permesso di individuare due principali sistemi:

1. un sistema N60 più persistente e pervasivo al quale sono correlati due sistemi secondari uno con direzione N40 e uno con direzione N-S;
2. e un altro sistema NW-SE.

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento  
Comune di Sampeyre, località Grange Orgiera

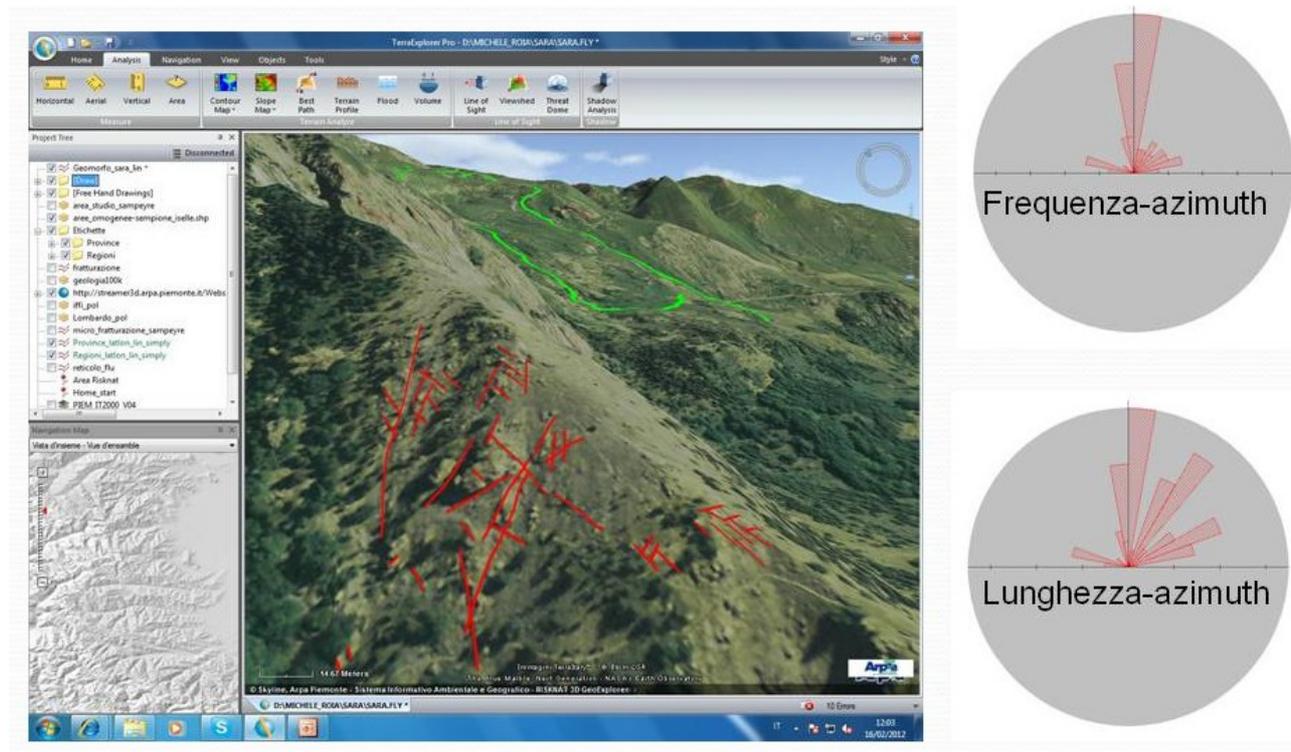


Figura 4.14 – Nella zona 2, qui rappresentata, sono state contate 56 fratture s.l., di fianco si riportano i diagrammi a rosa delle frequenze azimutali e delle lunghezze cumulative di tali fratture. La figura è orientata con il NNE verso l'alto. In verde il fenomeno delle Grange Orgiera (Di Priolo, 2012).

Il sistema N60 è subparallelo alla faglia che attraversa il corpo di frana, come riportato nel foglio 78-79 “Argentiera-Dronero” della Carta geologica d'Italia (v. Inquadramento geologico-regionale). Il sistema NW-SE, invece, è riportato nella cartografia di Lombardo et al. (1978). I dati qui riportati verranno in seguito verificati tramite l'analisi di campo al fine di associare un carattere strutturale ai singoli sistemi individuati (Di Priolo, 2012).

#### **4.4 Descrizione del fenomeno**

La frana di Sampeyre è un fenomeno franoso di tipo complesso, inquadrabile come scivolamento rotazionale con evoluzione in colamento, che coinvolge materiale detritico di varia pezzatura in abbondante matrice argillosa, corrispondente ad estesi accumuli di precedenti movimenti gravitativi; complessivamente il dissesto, perimetrato mediante l'utilizzo del GPS, copre una superficie di circa 0,40 km<sup>2</sup>. La zona di distacco (Figura 4.15) è situata ad una quota di circa 2140 m s.l.m. e presenta uno sviluppo di circa 850 m; il fronte dell'accumulo è posizionato alla quota di 1720 m s.l.m., in corrispondenza delle Grange Orgiera, e si estende per circa 650 m. La nicchia principale è in continuo e progressivo arretramento, mentre il fronte dopo aver fatto registrare velocità di avanzamento di 4-5 m al giorno, ha rallentato in modo significativo, attestandosi a spostamenti quantificabili in pochi decimetri al giorno. Segni di attività della frana sono stati osservati a partire dalla fine del mese di giugno 2009 ma i primi dati certi di movimenti risalgono al 7 luglio 2009. In 20 giorni, a partire da tale data, si è registrato uno spostamento del fronte tra i 60 e gli 80 metri, di cui la maggior parte tra il 15 e il 25 luglio 2009 (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).



Figura 4.15 – Settore di coronamento del fenomeno delle Grange Orgiera (Riprese da elicottero del 5 agosto 2009, Allegato 1, ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

Per quanto riguarda la dinamica di spostamento della massa in frana in prossimità del coronamento si ha una prevalenza di movimenti di tipo rotazionale, mentre l'accumulo si comporta come un colamento lento pur essendo caratterizzato da una velocità di avanzamento estremamente elevata per questo tipo di fenomeni (Figura 4.16 e Figura 4.17). Localmente, in particolare lungo il margine laterale sinistro orografico, si è osservata una parziale evoluzione in colamento veloce; tale situazione si ritrova anche sul fronte in destra orografica ma con fenomeni molto più ridotti (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).



**Figura 4.16 – Settore medio-basso della frana delle Grange Orgiera (riprese da elicottero del 5 agosto 2009, Allegato 1, Arpa Piemonte & Regione Piemonte, 2009).**



**Figura 4.17 – Accumulo della frana; in basso a destra le Grange Orgiera (riprese da elicottero del 5 agosto 2009, Allegato 1, Arpa Piemonte & Regione Piemonte, 2009).**

#### **4.5 Fattori predisponenti e determinanti**

Le cause predisponenti al movimento franoso in atto sono da ricercare nella costituzione litologica del versante caratterizzata da potenti accumuli di materiale fine, limoso-argilloso (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

Altri fattori predisponenti sono stati individuati da DI PRIOLO (2012):

- fattori strutturali: l'intensa fratturazione, oltre a rendere meno stabile il versante e a controllarne l'evoluzione morfologica, favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche;
- fattori climatici: la porzione di monte del versante è caratterizzata da un ambiente crio-nivale che comporta grandi accumuli di neve durante i periodi invernali;
- fattori morfologici: oltre al cambio di pendenza tra monte e valle, con conseguente forma convessa caratteristica dei versanti delle valli in approfondimento (pendenza maggiore a valle), si è potuta osservare la presenza di molte superfici terrazzate nella porzione meno pendente, entrambi i fattori favoriscono l'accumulo delle nevi e l'infiltrazione di acque meteoriche.

Le cause innescanti sono individuabili nelle intense precipitazioni nevose dell'inverno 2008/2009 e nelle successive piogge primaverili che hanno determinato una completa saturazione degli orizzonti a componente argillosa presenti nel sottosuolo (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

In particolare, da uno studio riportato nella relazione tecnica ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE (2009), effettuato dall'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale di Arpa Piemonte, si evince che la stazione meteorologica della rete Arpa più significativa, per la minor distanza e la maggior similitudine di quota rispetto alla frana delle Grange Orgiera, risulta quella di località Pian delle Baracche (Comune di Sampeyre), sita a quota 2135 m s.l.m. sul versante opposto a quello della frana e distante da essa in linea d'aria circa 6 km. Tuttavia il versante in cui è sita la stazione è esposto a Nord, di conseguenza i valori calcolati di acqua antecedente potrebbero essere leggermente sovrastimati.

Si riportano i grafici della neve fresca (Figura 4.18), di quella compattata (Figura 4.19) e gli istogrammi delle cumulate mensili dall'agosto 2008 all'agosto 2009 (Figura 4.20) per avere un quadro completo delle precipitazioni che hanno preceduto il fenomeno franoso.

Considerando come periodo di influenza dell'acqua antecedente i 60 giorni precedenti, prassi utilizzata in letteratura, l'acqua presente nel terreno, nell'intorno della stazione di Pian delle Baracche alla fine del mese di luglio 2009 si aggirava verosimilmente intorno a 680 mm (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

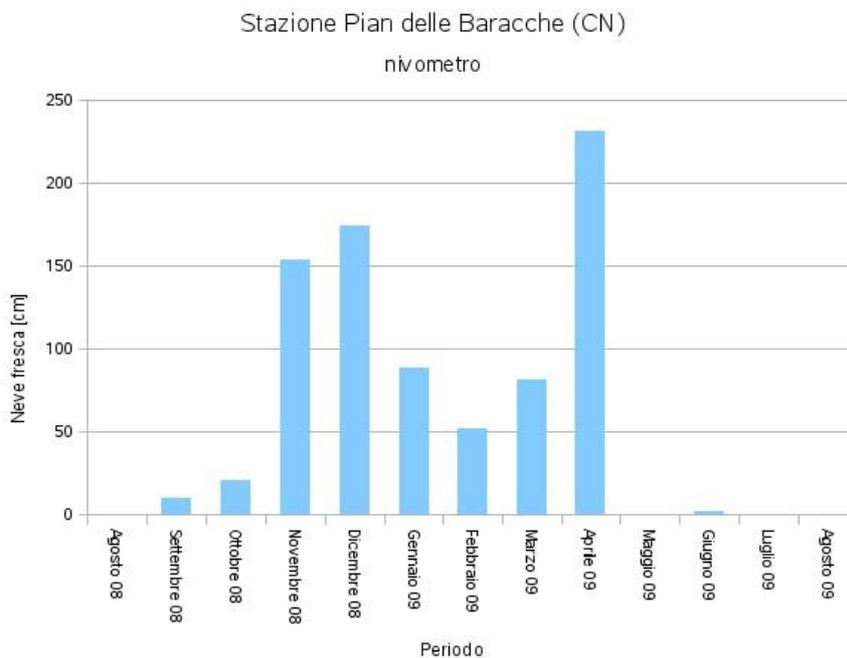


Figura 4.18 – Altezza di neve fresca al suolo accumulatasi mensilmente (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

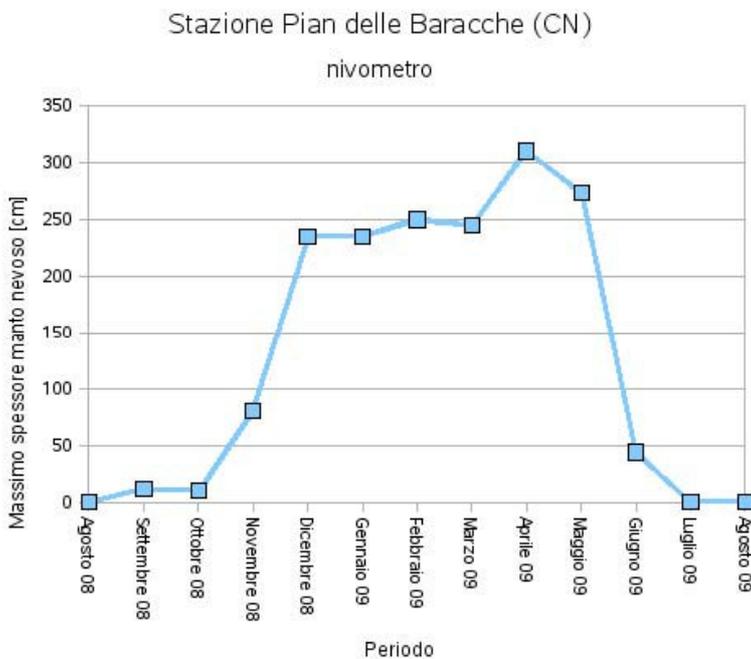


Figura 4.19 – Variazione del massimo spessore del manto nevoso osservato a cadenza mensile (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

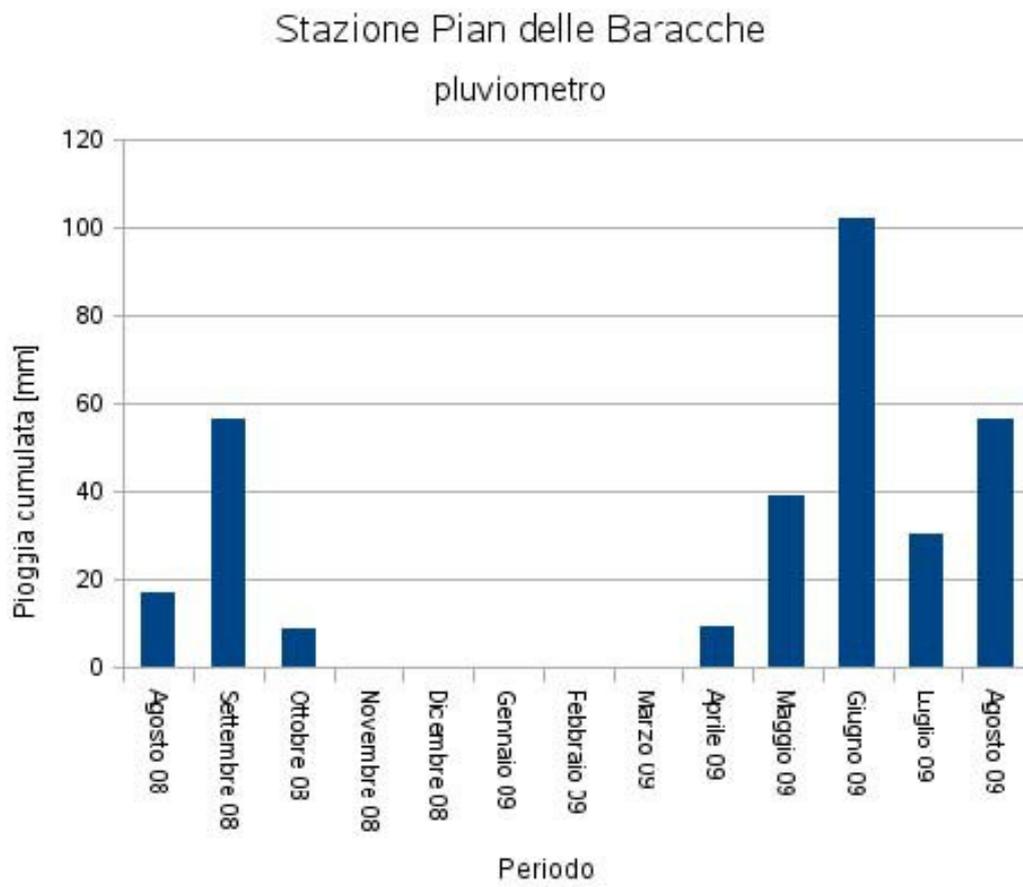


Figura 4.20 – Istogrammi delle cumulate mensili (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

#### 4.6 Danni

Il fronte dell'accumulo ha sormontato una stalla (Figura 4.21 e Figura 4.22), la cui costruzione risale al 1984, caratterizzata da struttura in cemento armato con tetto in lamiera, ubicata poco a nord del nucleo storico di Grange Orgiera. La strada di accesso alle Grange Orgiera è stata asportata per un tratto di circa 170 m (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).



Figura 4.21 – Dettaglio della stalla, in loc. Grange Orgiera, ancora integra il 15/07/09 (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).



Figura 4.22 – Dettaglio della stalla, in loc. Grange Orgiera, quasi completamente distrutta dalla frana il 25/07/09 (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

## 5 Sistemi di controllo

### 5.1 Dati topografici GPS

Il fenomeno franoso di località Grange Orgiera (codice SIFrap 004-60273-00), attivatosi nel luglio del 2009, è stato posto sotto controllo strumentale da Arpa Piemonte nell'agosto del 2009. Il sito di monitoraggio (codice RERCOMF: 4 SMP A) è costituito da capisaldi per misure distanziometriche e capisaldi per misure topografiche GPS. In particolare, sono presenti attualmente 2 capisaldi distanziometrici (a costituire una base distanziometrica) e 16 capisaldi per misure GPS. Sono, inoltre, presenti 3 capisaldi topografici GPS di riferimento, esterni al fenomeno franoso, ubicati nelle località Serre di Raie (A), Confine di sopra (B) e Pian Piè (C). In figura 5.1 è rappresentato il quadro completo della strumentazione. Le misure vengono effettuate da Arpa con cadenza semestrale.

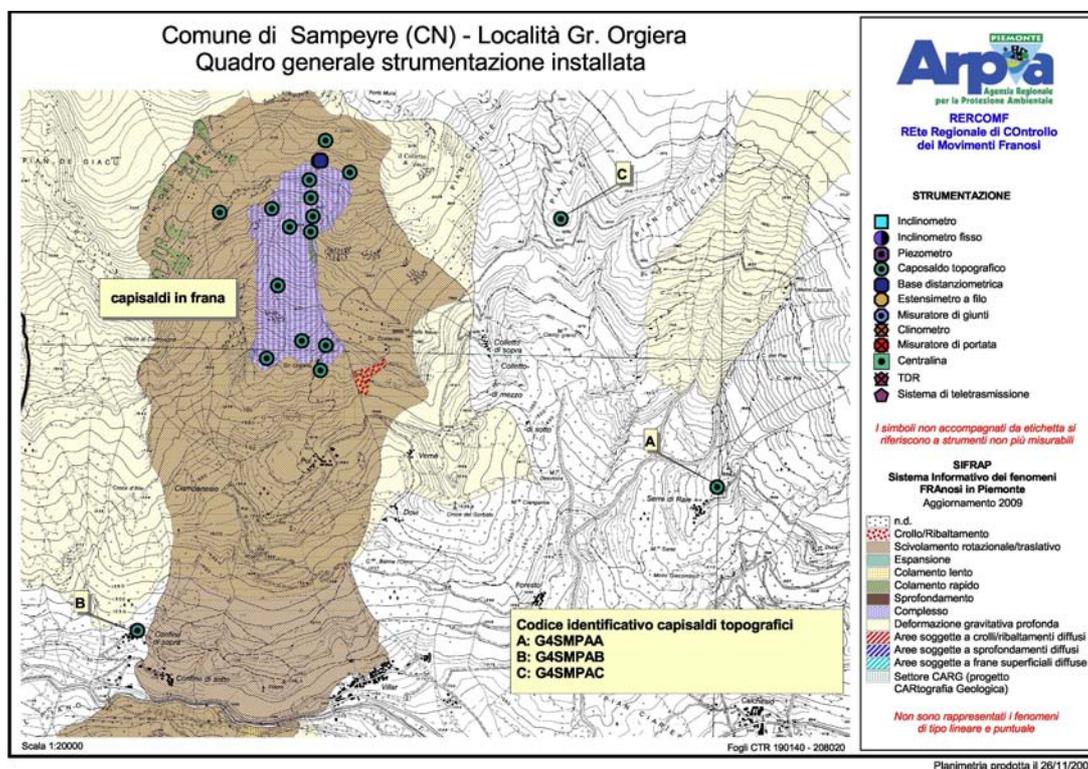


Figura 5.1 – Quadro generale dell'ubicazione della strumentazione installata e gestita da Arpa Piemonte in località Grange Orgiera (banca dati RERCOMF, perimetrazione dei fenomeni SIFrap, base cartografica CTR in scala 1:10.000).

Il sistema di monitoraggio ha subito un'evoluzione nel tempo (Tabella 5.1, Figura 5.2): una prima parte del sistema è stata installata in data 27/08/2009; essa era costituita da 2 capisaldi distanziometrici (denominati A e B; costituenti la base AB) e dai 12 capisaldi GPS (denominati con numero progressivo da 1 a 12). Successivamente il 19/10/2009 sono stati installati ulteriori 3 capisaldi GPS (denominati con numero progressivo da 13 a 15) e, infine, il 30/10/2009 è stato installato, ad opera del Comune, un ulteriore caposaldo GPS (denominato 16). Questi ultimi 4 capisaldi sono situati di poco al di fuori del perimetro di frana al fine di controllarne la sua possibile espansione.

**Tabella 5.1 – Riepilogo delle misure effettuate**

<b>Lettura</b>	<b>Data</b>
Lettura di origine capisaldi GPS 1-12 e base A-B	9 settembre 2009
1ª lettura di esercizio per i capisaldi 1-12 e base A-B	15/19 ottobre 2009
2ª lettura di esercizio per i capisaldi 4,5, 8 e 12 e base A-B	25 novembre 2009
Lettura di origine dei capisaldi 13, 14, 15 e 16	
3ª lettura di esercizio per i capisaldi 4,5, 8 e 12 e base A-B	1 luglio 2010
2ª lettura di esercizio per i capisaldi 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11	
1ª lettura di esercizio per i capisaldi 13, 14, 15 e 16	
4ª lettura di esercizio per base A-B	25 agosto 2010
5ª lettura di esercizio per base A-B	13 ottobre 2010
4ª lettura di esercizio per i capisaldi 4,5, 8	
3ª lettura di esercizio per i capisaldi 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11	
2ª lettura di esercizio per i capisaldi 13, 14, 15 e 16	
6ª lettura di esercizio per base A-B	21 giugno 2011
5ª lettura di esercizio per i capisaldi 4,5, 8	
4ª lettura di esercizio per i capisaldi 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11,12	
3ª lettura di esercizio per i capisaldi 13, 14, 15 e 16	
7ª lettura di esercizio per base A-B	22 ottobre 2011
8ª lettura di esercizio per base A-B	04 luglio 2012
6ª lettura di esercizio per i capisaldi 4,5, 8	
5ª lettura di esercizio per i capisaldi 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11,12	
4ª lettura di esercizio per i capisaldi 13, 14, 15 e 16	



Figura 5.2 – Dettaglio della strumentazione installata (banca dati RERCOMF, base: foto panoramica 25/07/2009).

Per quanto riguarda le misure GPS è possibile suddividere il corpo di frana in tre settori principali caratterizzati da entità di movimento differenti. Nella zona più a monte al di sopra della scarpata principale, laddove numerose fratture fanno presupporre un movimento incipiente, due capisaldi muovono con una velocità rispettivamente di 32 e 54 cm/y, a dimostrazione della tendenza evolutiva retrogressiva del fenomeno. Il settore di coronamento è caratterizzato dagli spostamenti di maggiore entità con una velocità media di circa 139 cm/y. Fa eccezione un caposaldo posizionato nel settore centro-orientale del corpo di frana, che muove con un velocità di circa 379 cm/y. Il caposaldo in questione è, infatti, posizionato al di sopra di un blocco di roccia che oltre a scivolare sulla massa detritica ha una forte tendenza al ribaltamento. Infine, nella parte inferiore l'accumulo di frana muove con una velocità media di circa 50 cm/y. Nella Tabella 5.2 si riportano gli spostamenti e le velocità dei capisaldi GPS (in direzione orizzontale); gli spostamenti, inoltre, sono graficamente visibili in figura 5.3. La base distanziometrica (Figura 5.4) è installata in corrispondenza di una frattura in roccia, avente direzione circa est-ovest, presente nella zona di coronamento del fenomeno franoso, alla quota di 2130 m s.l.m. circa. Le misure finora effettuate indicano che la distanza tra le due pareti opposte della frattura è aumentata di 16.1 cm, rispetto alla misura di origine, con una velocità di circa 7 cm/y.

Il 10 ottobre 2012 i tecnici del Dipartimento hanno effettuato una campagna straordinaria di misure topografiche GPS e distanziometriche al fine di verificare l'evoluzione del fenomeno franoso a seguito dell'evento sismico del 3 ottobre. Le misure effettuate non hanno evidenziato alcun significativo effetto del sisma sul trend evolutivo del fenomeno franoso.

**Tabella 5.2 – Elaborazione delle misure GPS di giugno 2011 rispetto alla misura d'origine: in verde i capisaldi del settore con movimento incipiente a monte del coronamento (indicato in arancione), in giallo sono indicati i capisaldi al piede, infine, in azzurro il caposaldo posizionato sul blocco di roccia. I capisaldi in bianco sono situati al contorno del perimetro di frana e i movimenti registrati non vengono tenuti in considerazione perché rientrano nell'errore strumentale (10 cm di spostamento) o comunque sono poco rilevanti (banca dati RERCOMF).**

Caposaldo	Spostamento asse x (mm) *	Spostamento asse y (mm) *	Spostamento asse z (mm) *	Risultante x/y (mm)	Azimuth (°N)
1**	-2227.5	-6842.5	-3714.5	<b>7196</b>	<b>198</b>
2**	-2379	-2822	-937	<b>3691</b>	<b>220</b>
3**	-1763	-332.5	-864	<b>3770</b>	<b>208</b>
4**	-816	-2247.5	-1214	<b>2391</b>	<b>200</b>
5**	261.5	-833	-455	<b>873</b>	<b>163</b>
6**	309.5	-745.5	-636.5	<b>807.5</b>	<b>157</b>
7**	766	-1925	-370	<b>2072</b>	<b>158</b>
8**	-605.5	-2231	98.5	<b>2312</b>	<b>195</b>
9**	134.5	-1363	-551	<b>1370</b>	<b>174</b>
10**	-175.5	-778.5	-260.5	<b>798</b>	<b>193</b>
11**	330.5	-1001.5	-509.5	<b>1054</b>	<b>162</b>
12**	469	-813.5	-381.5	<b>939</b>	<b>150</b>
13***	-184	-207.5	-188.5	<b>277</b>	<b>221</b>
14***	-56	-135	-170.5	<b>146</b>	<b>202</b>
15***	16	-83	-83.5	<b>85</b>	<b>169</b>
16***	30	-132	-92.5	<b>135</b>	<b>167</b>

\*Per asse x si intende la direzione Est (+) – Ovest (-); per asse y si intende la direzione Nord (+) – Sud (-); per asse z si intende l'asse verticale (+ aumento di quota e – diminuzione di quota)

\*\* valori relativi al periodo settembre 2009 – luglio 2012

\*\*\* valori relativi al periodo novembre 2009 – luglio 2012

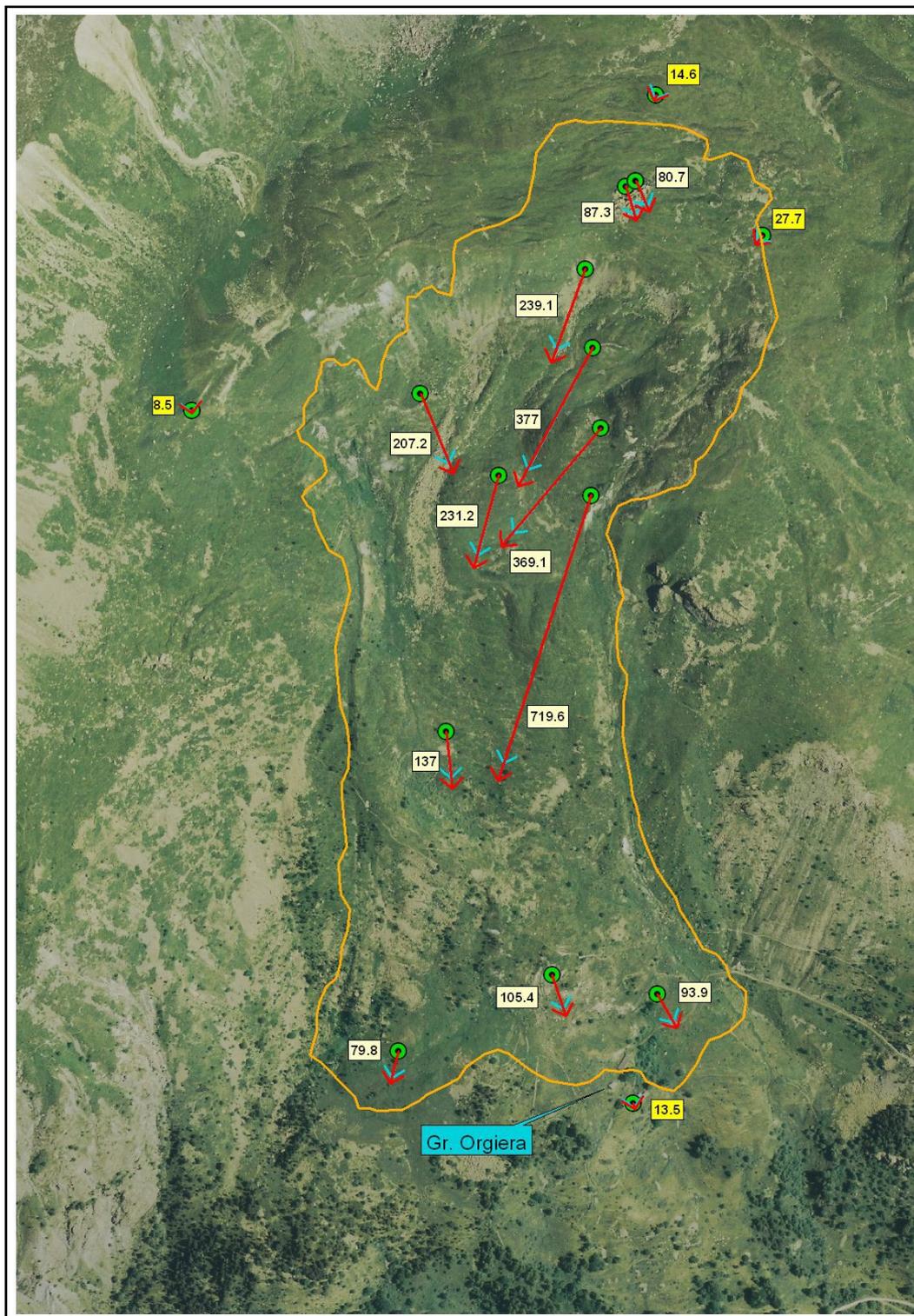


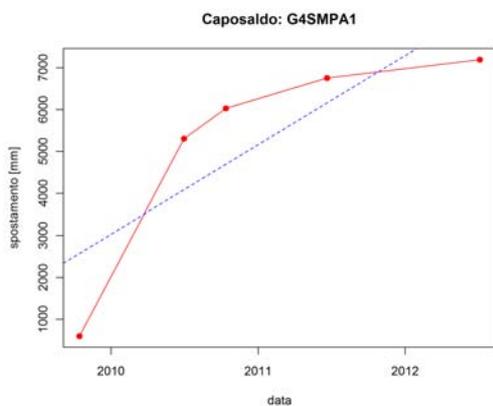
Figura 5.3 – Entità (cm) e direzione (vettori rossi) dei movimenti rilevati nel luglio 2012 dai capisaldi GPS posti sul fenomeno franoso, rispetto alla lettura di origine (settembre 2009 per i capisaldi 1÷12 - novembre 2009 per i capisaldi 13÷16). In azzurro sono rappresentati i vettori relativi al periodo giugno 2011 – lettura di origine; in tal modo è possibile apprezzare graficamente lo spostamento subito dai capisaldi nel periodo giugno 2011 – luglio 2012. Linea arancione: perimetrazione del fenomeno franoso effettuata nel settembre 2010. I vettori non sono in scala con la carta. (Base topografica: Volo CGR IT2007).



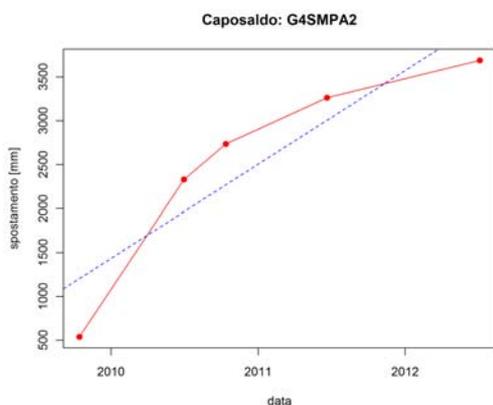
Figura 5.4 – Base distanziometrica AB, installata in corrispondenza di una frattura in roccia, avente direzione circa Est – Ovest, presente in corrispondenza del coronamento del fenomeno franoso. Tra il 10 settembre 2009 ed il 04 luglio 2012 la distanza (linea tratteggiata gialla) tra i punti A e B (in rosso nella figura) è aumentata di 16.1 cm (banca dati RERCOMF).

In seguito si riportano i grafici (da Figura 5.5 a Figura 5.20) delle velocità di ciascuno dei 16 capisaldi GPS. Ciascun grafico riporta in ordinata il valore dello spostamento (orizzontale xy) in mm e in ascissa il tempo in anni (years); la pendenza di ogni singolo tratto rappresenta la velocità di deformazione nel tempo ovvero tanto più ripida è la pendenza della retta tanto maggiore sarà l'entità di spostamento nell'unità di tempo. Una retta di regressione permette di rappresentare l'andamento medio delle velocità.

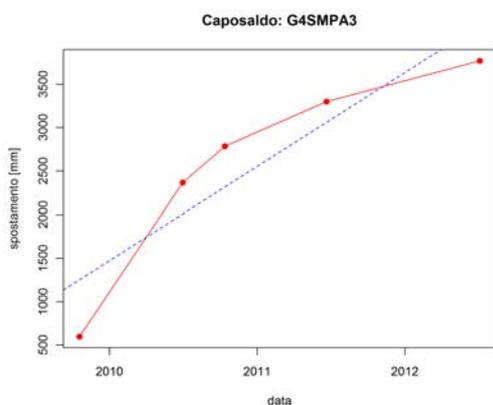
Si riportano, inoltre, alcune immagini in cui è possibile osservare l'ubicazione dei capisaldi, che sono stati installati principalmente su roccia, ad eccezione del numero 16 che è stato installato su pilastro essendo l'area priva di affioramenti (località Grange Orgiera).



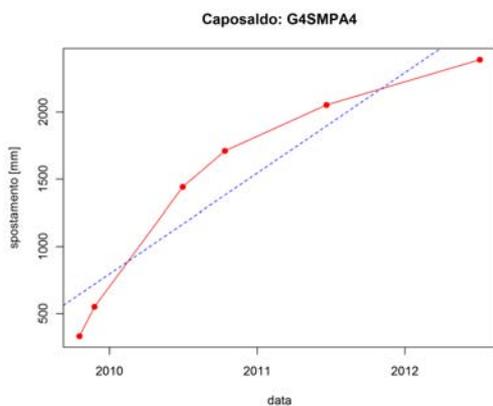
**Figura 5.5– a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 1; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 1, al di sopra dello sperone di roccia nel punto indicato dalla freccia in alto a destra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



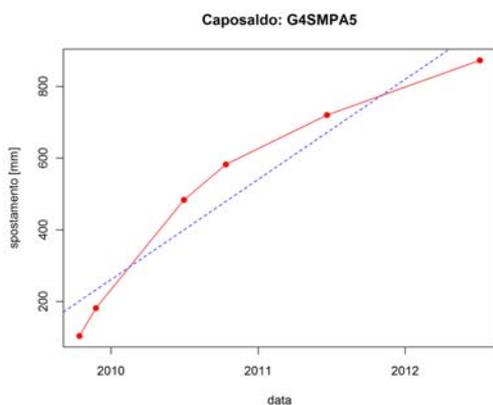
**Figura 5.6 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 2; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 2, al di sopra dello sperone di roccia nel punto indicato dalla freccia in basso a sinistra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



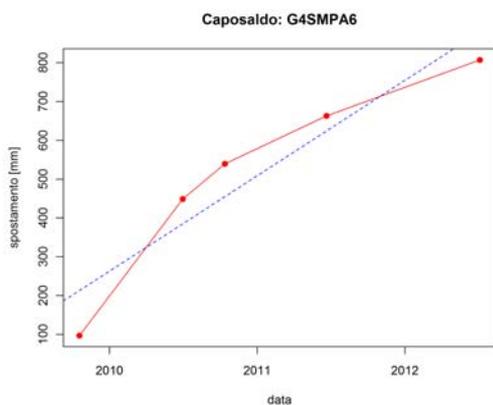
**Figura 5.7 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 3; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 3, al di sopra dello sperone di roccia nel punto indicato dalla freccia a destra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



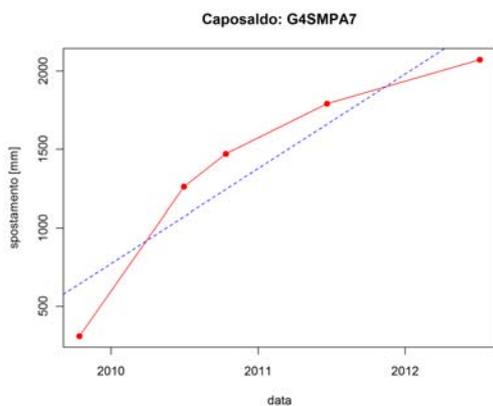
**Figura 5.8 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 4; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 4, al di sopra dell'affioramento di roccia nel punto indicato dalla freccia al centro della foto (fonte banca dati RERCOMF).**



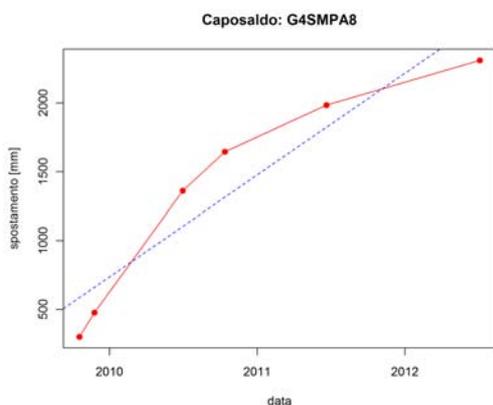
**Figura 5.9 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 5; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 5, al di sopra dello sperone di roccia nel punto indicato dalla freccia a destra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



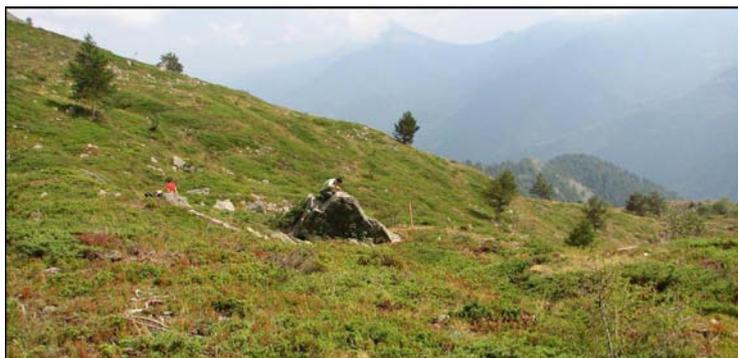
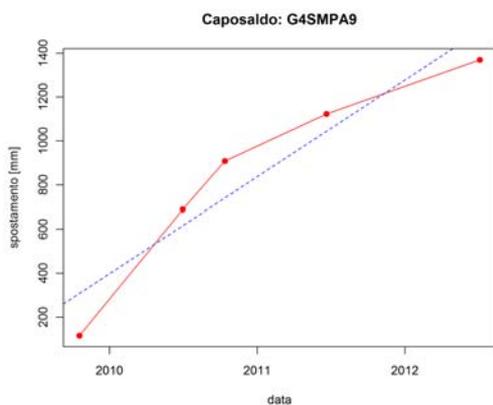
**Figura 5.10 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 6; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 6, al di sopra dello sperone di roccia nel punto indicato dalla freccia a sinistra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



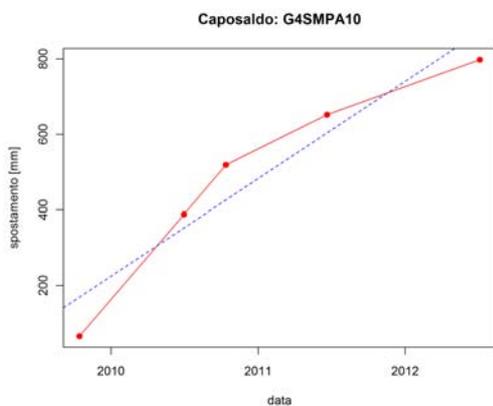
**Figura 5.11 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 7; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 7, al di sopra dell'affioramento di roccia nel punto indicato dalla freccia a destra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



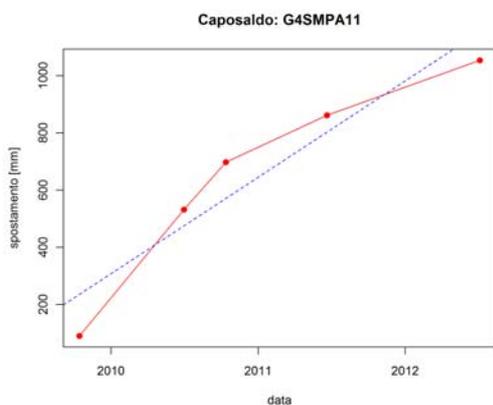
**Figura 5.12 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 8; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 8, al di sopra dell'affioramento di roccia nel punto indicato dalla freccia a destra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



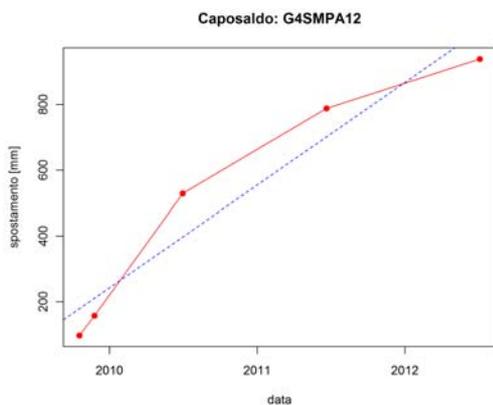
**Figura 5.13 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 9; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 9, al di sopra dell'affioramento di roccia al centro della foto (fonte banca dati RERCOMF).**



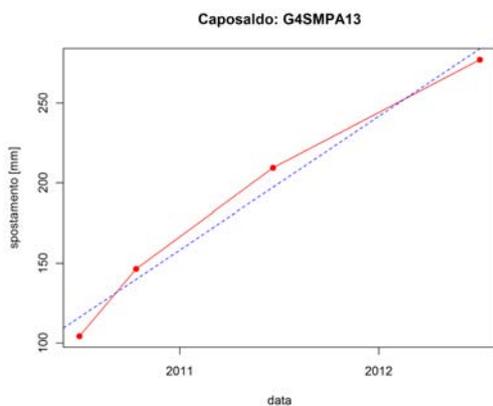
**Figura 5.14 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 10; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 10, al di sopra dello sperone di roccia nel punto indicato dalla freccia al centro della foto (fonte banca dati RERCOMF).**



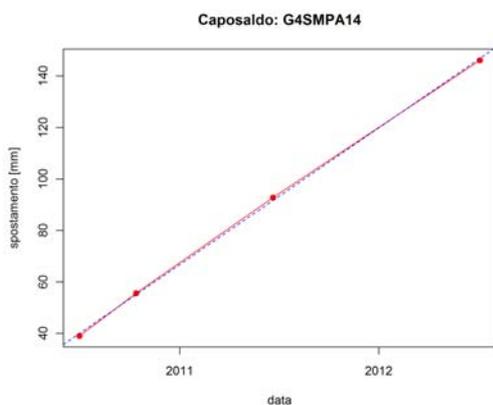
**Figura 5.15 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 11; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 11, al di sopra dello sperone di roccia a destra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



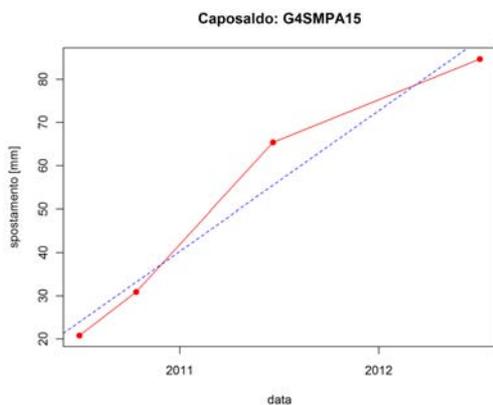
**Figura 5.16 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 12; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 12, al di sopra dello sperone di roccia nel punto indicato dalla freccia al centro della foto (fonte banca dati RERCOMF).**



**Figura 5.17 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 13; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 13, al di sopra dello sperone di roccia nel punto indicato dalla freccia a destra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



**Figura 5.18 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 14; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 14, al di sopra dello sperone di roccia a destra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).**



**Figura 5.19 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 15; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 15, al di sopra dello sperone di roccia al centro della foto (fonte banca dati RERCOMF).**

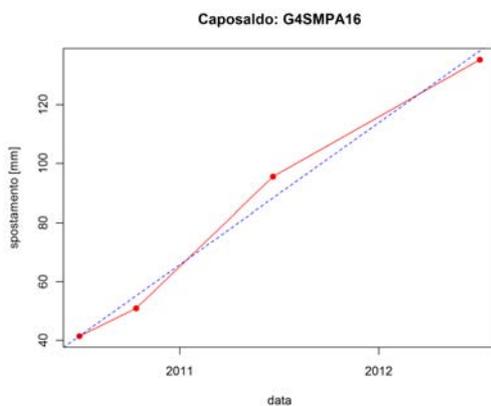


Figura 5.20 – a) A sinistra il grafico spostamento-tempo del caposaldo 16; b) sopra l'ubicazione del caposaldo 16, su un pilastrino installato in località Grange Orgiera visibile in sinistra nella foto (fonte banca dati RERCOMF).

I grafici spostamento-tempo mettono tutti in evidenza una generale tendenza alla diminuzione della velocità di movimento del fenomeno, ad eccezione del caposaldo G4SMPA16. Questo caposaldo, posto nel settore al piede della frana immediatamente a valle del fenomeno attivatosi nel 2009, ha evidenziato nel periodo 2010-2011 una moderata all'accelerazione, verosimilmente imputabile all'effetto di carico gravitativo dovuto all'accumulo del fenomeno posto a monte.

## 5.2 Dati interferometrici

Arpa Piemonte, negli ultimi anni si avvale di una nuova tecnologia che consente, mediante tecnica radar interferometrica PSInSAR™, di individuare e valutare lo spostamento, con precisione dell'ordine del millimetro, di punti fisici dotati di particolari caratteristiche 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 delle immagini radar.

I PS vengono individuati sulle immagini radar 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 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 (*Line of Sight*, LOS). Essendo la tecnica PSInSAR™ particolarmente idonea all'identificazione ed alla definizione delle deformazioni ad evoluzione lenta, essa offre un importante mezzo di analisi nello studio dei fenomeni franosi, in particolare per le tipologie che hanno un'evoluzione lenta e continua nel tempo come ad esempio la frana delle Grange Orgiera.

Nel 2006 è stata effettuata da TRE (Telerilevamento Europa, uno *spinoff* del Politecnico di Milano) una prima indagine su tutto il territorio piemontese utilizzando i dati derivati dai satelliti ERS1 ed ERS2 dell'Agenzia Spaziale Europea, che coprono il periodo temporale compreso tra il 1992 ed il 2001. Nel 2010, una seconda indagine è stata effettuata unicamente sulla porzione di arco alpino a partire dalle immagini della piattaforma canadese RADARSAT, per il periodo compreso tra il 2003 ed il 2009. L'elaborazione di tali immagini è stata effettuata utilizzando il nuovo algoritmo, denominato SqueeSAR™, sviluppato dalla TRE, che permette di identificare oltre ai riflettori puntuali (PS) anche i nuovi *Distributed Scatterers* (DS), ovvero bersagli diffusi (ad esempio aree detritiche, campi non coltivati, aree desertiche non sabbiose) aumentando notevolmente il numero di punti identificati, soprattutto in aree alpine.

Come si riporta nella scheda di secondo livello, l'indagine PSInSAR (relativa al periodo 1992-2001) ha messo in evidenza alcune porzioni sulla spalla sinistra della zona di coronamento del fenomeno delle Grange Orgiera (codice SIFraP 004-60273-00) dove una considerevole nuvola di bersagli, identificati da porzioni lapidee esposte, presenta indizi di deformazione con una velocità di allontanamento lungo la LOS di circa 8-9 mm/y, secondo la geometria discendente.

Degno di nota è il fatto che all'interno dell'area in frana, nonostante siano molto diffusi elementi fisici imputabili a bersagli interferometrici, il dataset analizzato presenti solo due PS. La perdita di coerenza delle superfici esposte può essere giustificata dal fatto che la velocità di deformazione dell'intero corpo di frana, nel periodo antecedente l'accelerazione del fenomeno in esame, si attestava su valori superiori alla soglia di rilevamento della tecnica interferometrica (> di 2.8 cm tra due acquisizioni consecutive). Superata tale soglia, infatti, l'oggetto non può essere più distinto nell'acquisizione successiva (ARPA PIEMONTE & REGIONE PIEMONTE, 2009).

Anche l'indagine SqueeSAR (relativa al periodo 2003-2009) mostra pochi bersagli all'interno dell'area in frana, inoltre questi riflettori sono in numero molto minore rispetto alle aree circostanti il dissesto. Ancora una volta il fenomeno può essere spiegato tenendo conto della soglia di rilevamento della tecnica

interferometrica. In ogni caso il numero di bersagli RADARSAT all'interno della frana è maggiore rispetto agli ERS, la maggior parte di essi interessa anche in questo caso il coronamento, la cui spalla sinistra muove con una velocità media di allontanamento lungo la LOS dell'ordine di 12 mm/y, secondo la geometria discendente. La presenza, in questa indagine del dataset relativo alla geometria ascendente permette di osservare che anche la spalla destra del coronamento ha subito una deformazione, la sua velocità media è dell'ordine di 10 mm/y in un settore più a nord, e di circa 4 mm/y in un settore più a sud. Diversamente rispetto alla precedente analisi, inoltre, è presente qualche riflettore (alcuni DS) al piede della frana, nella zona in cui è stata distrutta la stalla.

L'approfondimento di secondo livello è stato effettuato limitatamente al fenomeno delle Grange Orgiera (004-60273-00), nell'attuale relazione di terzo livello si è ampliato lo studio all'intero versante. Nella tabella 5.3 è possibile osservare l'ingente quantitativo di dati satellitari dei diversi dataset.

**Tabella 5.3 - Riepilogo del numero approssimativo di PS e DS disponibili nell'area analizzata (intero versante che include il perimetro della DGPV).**

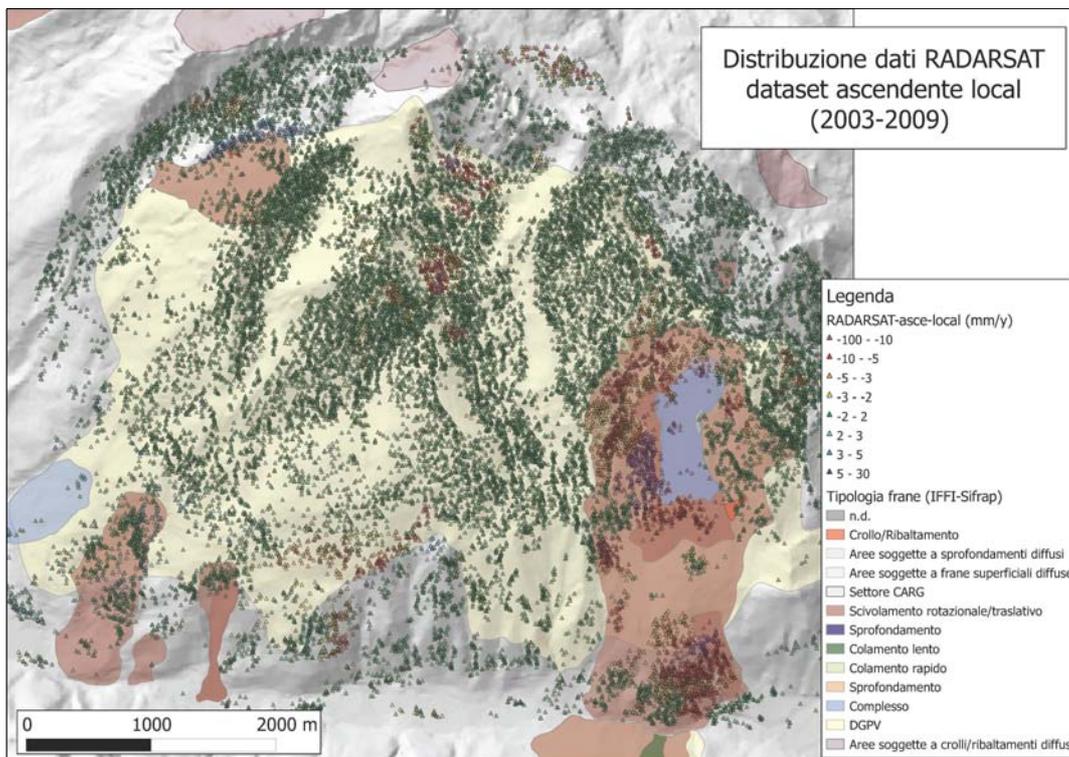
Satellite	Geometria	N° PS-DS
ERS	Ascendenti	0
	Discendenti	3934
	Discendenti (estate)	11342
RADARSAT	Ascendenti	9775
	Ascendenti locali	27857
	Discendenti	9274
	Discendenti locali	27472

A questo livello di approfondimento è stato scelto di analizzare la direzione del moto lungo la congiungente bersaglio-satellite e di valutarne la sua possibile scomposizione lungo componenti geografiche. Esiste, infatti, la possibilità di scomporre il moto lungo la LOS nelle componenti verticale ed orizzontale est-ovest (scomposizione 2D), opportunità creata dal possedere analisi separate di dati acquisiti su orbite ascendenti e dati acquisiti su orbite discendenti. In questa analisi si considera trascurabile la componente orizzontale nord-sud (TRE, 2011).

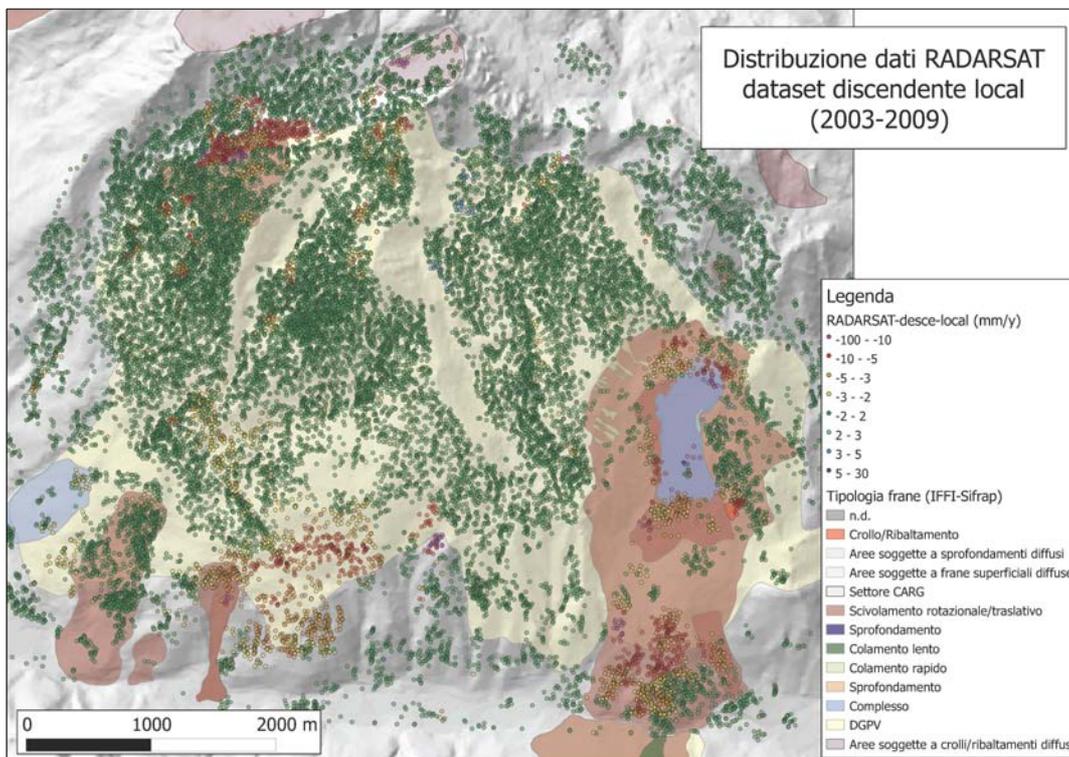
Per fare questa operazione è stata scelta la coppia di dataset ascendente/discendente più completa e ricca di dati ovvero quella dei RADARSAT locali. Ricordiamo (vedi tabelle 3.4 e 3.5) che il numero totale di riflettori per questi dataset è pari esattamente a 28460 per gli ascendenti e 28298 per i discendenti.

L'elaborazione è stata effettuata utilizzando una maglia di celle 50x50 m. Si riportano di seguito le immagini dei dataset (figure 5.21 e 5.22) e le immagini raffiguranti i risultati dell'analisi (figure 5.23 e 5.24).

Degno di nota è il movimento verso ovest della porzione occidentale della DGPV (dell'ordine di 2-10 mm/y). Buona parte del movimento nell'intorno delle Grange Orgiera è verso est e arriva a superare di gran lunga i 10 mm/y. All'interno del corpo di frana non si possono fare valutazioni, poiché, come già detto, i limiti della tecnica non hanno permesso di rilevare gli spostamenti. Ancora, è interessante osservare come il fenomeno che storicamente ha raggiunto il fondovalle (004-00045-07) registri ancora forti valori di abbassamento della superficie topografica (dell'ordine di 2-10 mm/y).



**Figura 5.21 – Dataset RADARSAT ascendente locale (base cartografica SIFrap).**



**Figura 5.22 – Dataset RADARSAT discendente locale (base cartografica SIFrap).**

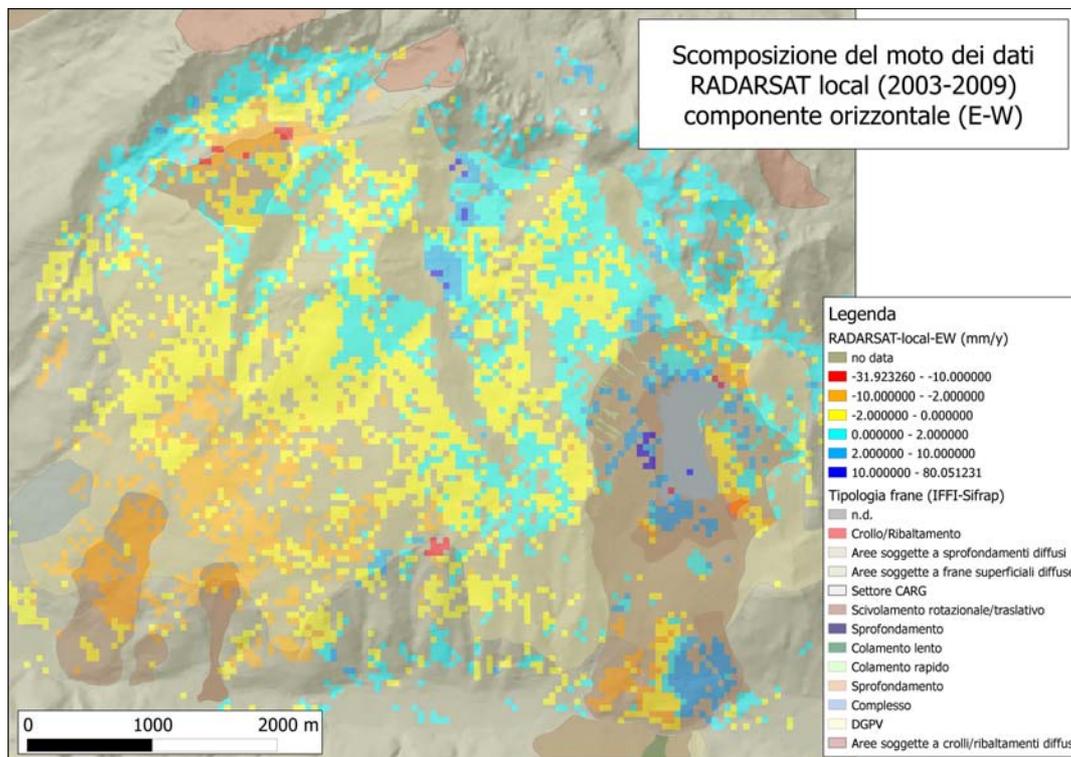


Figura 5.23 – Componente orizzontale EW del moto, i valori positivi indicano l'est (base cartografica SIFrap).

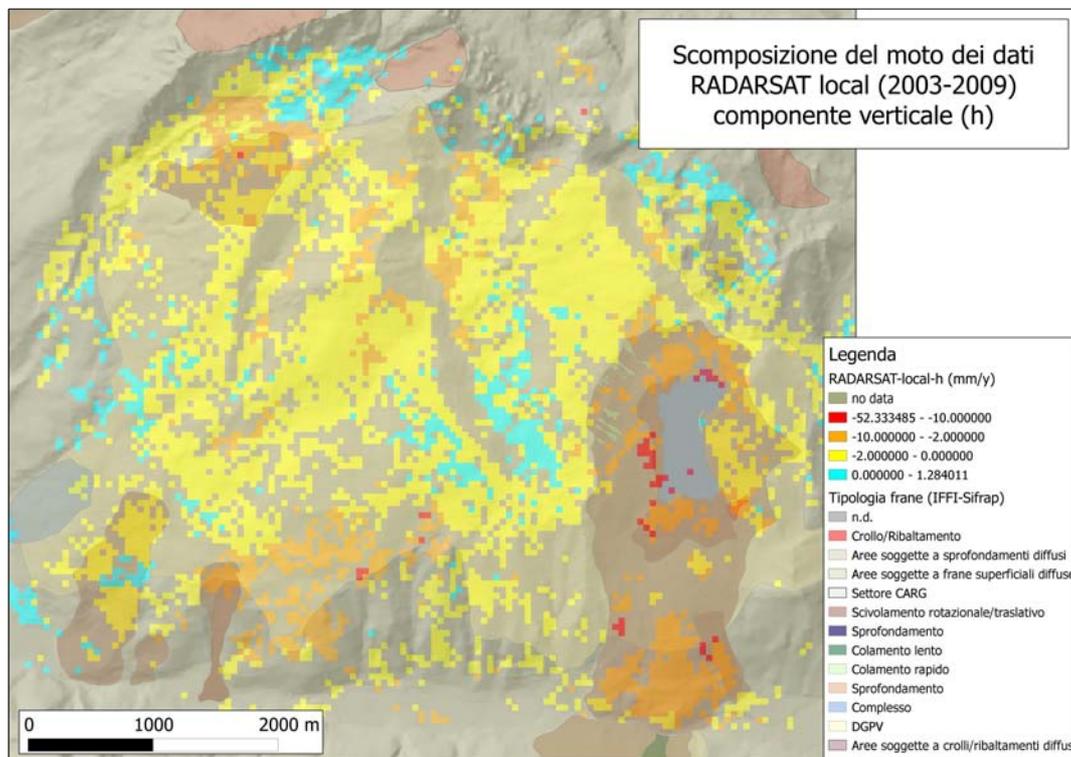


Figura 5.24 – Componente verticale del moto, i valori positivi indicano un movimento verso l'alto (base cartografica SIFrap).

## 6 Bibliografia

ARPA PIEMONTE (SC22 – SC15 – SC05) & REGIONE PIEMONTE (SETTORE PROTEZIONE CIVILE E SISTEMA ANTI INCENDI BOSCHIVI A.I.B.) (2009) – *La frana di Grange Orgiera nel Comune di Sampeyre (CN)*.

Carta Geologica D'Italia in scala 1:100.000, foglio 78-79 "Argentera-Dronero" e note illustrative.

DAL PIAZ G. V. (1974) - *Le metamorphisme de haute pression et basse temperature dans devolution structurale du bassin ophiolithique alpino-apenninique*. Boll. Soc. Geol. It., 93, 437-468.

DI PRIOLO S. (2012) – *Integrazione tra l'analisi geomorfologica, le tecniche di monitoraggio tradizionale e le tecniche PSInSAR<sup>TM</sup> e SqueeSAR<sup>TM</sup> per lo studio dei fenomeni franosi in Piemonte (Italy): i casi studio di Sampeyre (CN) e Valprato Soana (TO)*. Tesi di dottorato in svolgimento presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Napoli "Federico II", in collaborazione con il Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto di Arpa Piemonte. I resoconti annuali sono stati inseriti nell'archivio "Fonti e Documentazione" di Arpa Piemonte con codice **310713**, ultimo aggiornamento risalente al Febbraio 2012. Inedito.

LOMBARDO B., NERVO R., COMPAGNONI R., MESSIGA B., KIENAST J.R., MEVEL C., FIORA L., PICCARDO G.P. & LANZA R. (1978) – *Osservazioni preliminari sulle ofioliti metamorfiche del Monviso (Alpi Occidentali)*. Rend. Soc. It. Min. Petr., serie II, 34, 258-305.

PHILIPPOT P. (1988) – *Deformation et eclogitisation progressives d'une croûte océanique subductée: le Monviso, Alpes Occidentales. Contraintes cinématiques durant la collision alpine*. Documents et Travaux du Centre géol. Geophys. De Montpellier, 19, 269p.

TRE a POLIMI spin-off company (2011) – *Manuale SqueeSAR<sup>TM</sup>*, Novembre 2011, ©Tele-Rilevamento Europa.