



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

Provincia di Torino
Comune di Sauze di Cesana
località Grange Sises



Dipartimento Tecnico Geologia e Dissesto – ARPA Piemonte
Ultimo aggiornamento della scheda Maggio 2012

In prima pagina panoramica del versante dell'abitato di Grange Sises, foto Arpa Piemonte

Indice

1Premessa.....	4
2Introduzione.....	5
3Informazioni e dati disponibili.....	7
3.1Documentazione disponibile.....	7
3.2Quadro relativo a vincoli ed aspetti normativi.....	12
3.3Danni.....	13
3.4Voli aerei disponibili.....	15
3.5Dati interferometrici.....	16
3.6Banca dati geotecnica.....	19
4Analisi del dissesto.....	21
4.1Inquadramento geologico.....	21
4.2Analisi geologico-geomorfologica.....	23
4.3Descrizione del fenomeno.....	26
5Sistemi di controllo.....	28
5.1Dati di monitoraggio	28
5.2Dati PSInSAR.....	36
5.3Considerazioni	42
6Bibliografia.....	44

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 RISK NAT. Le informazioni riportate nella scheda derivano principalmente dalle valutazioni effettuate dal Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto di Arpa Piemonte, dalla tesi di Laurea di R. Agazzoni (Agazzoni, inedito) e dal lavoro di *“Approfondimento dell'analisi dei dati PSInSAR in Regione Piemonte”* realizzato nell'ambito della convenzione fra ARPA Piemonte ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia (Meisina et al., 2009).

2 Introduzione

La zona di studio è situata nell'alta Val Susa (Alpi Cozie) e comprende il versante destro della Val Ripa (Figura 3.1), che si estende dall'abitato di Sauze di Cesana ed il Monte Sises, a nord, e Serre di Ciagrassa e rocce S. Giacomo, a sud (Barla, 1984). Tale zona è compresa nella tavoletta topografica IGM in scala 1:25'000 66 I NE Sestriere.

I primi studi riguardanti la DGPV di Grange Sises risalgono alla fine degli anni '70, in seguito al progetto di ristrutturazione e ampliamento della vecchia borgata di C.se Sises. Nel 1979 la Procura della Repubblica di Torino avvia una serie di indagini concernenti l'insediamento di Grange Sises per verificare alcuni presunti illeciti amministrativi, nonché per approfondire le caratteristiche di stabilità del versante (Archivio Arpa Piemonte). A tal fine viene nominata una Commissione di Periti la quale pone in risalto come "[...] la stabilità del versante, ove l'insediamento dovesse stabilirsi, è da considerare al limite della stabilità in caso di precipitazione eccezionale" e che "esisterebbe una grave situazione idrogeologica caratterizzata da diffusa franosità legata a sfavorevoli fattori predisponenti [...]" (Archivio Fonti, Arpa Piemonte). Inoltre, l'insediamento risulterebbe interessato da un notevole e consistente pericolo di valanghe.

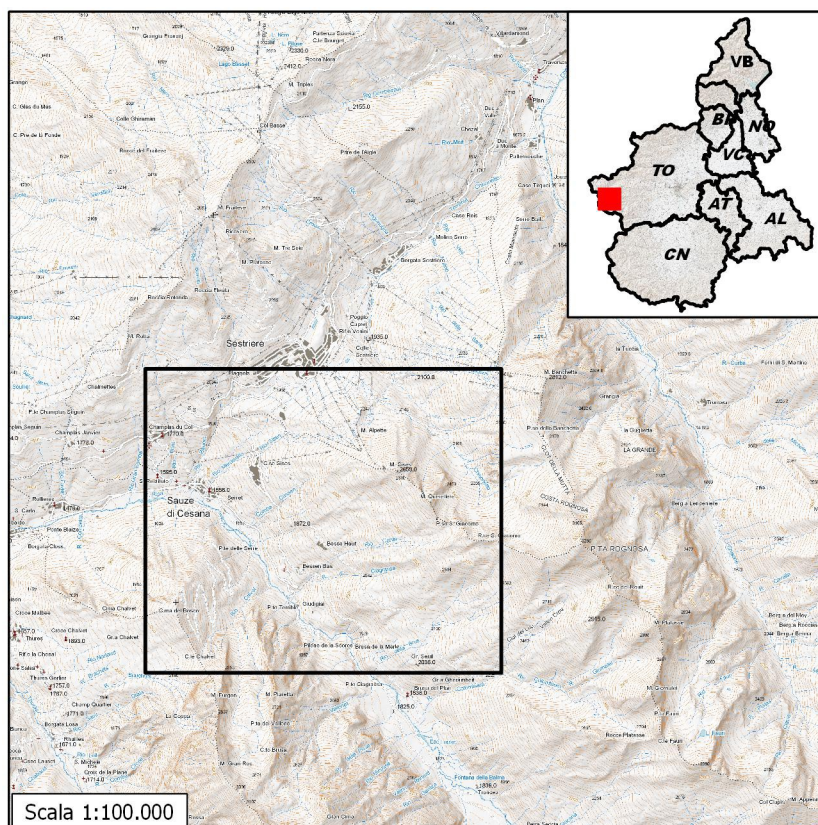


Figura 2.1: Stralcio cartografia scala 100.000 con localizzazione indicativa del dissesto (box nero).

A seguito di tale indagine la Regione Piemonte istituisce una nuova Commissione di Indagine, costituita da funzionari della Pubblica Amministrazione ed esperti esterni, per ulteriori accertamenti tecnici in merito all'iter amministrativo ed alle condizioni di rischio per il nuovo insediamento.

Anche tale commissione giunge alla conclusione che "[...] la zona dell'insediamento edilizio presenta, dal punto di vista geologico condizioni obiettive di instabilità tali che avrebbero dovuto scongiurare l'insediamento medesimo, [...]" (Archivio Fonti, Arpa Piemonte). Sempre la stessa Commissione consiglia di: "[...] integrare gli studi intrapresi completando ed ampliando l'area di indagine [...]". Negli anni successivi viene quindi dato mandato al Servizio Geologico della Regione Piemonte di proseguire con gli approfondimenti già iniziati.

Nel 1983 la Commissione incaricata in precedenza consegna la relazione finale contenente i risultati di diversi studi di carattere geotecnico ed i risultati di diversi sondaggi geognostici e di una campagna di prospezione geofisica (Archivio Fonti, Arpa Piemonte).

Parallelamente, altri approfondimenti effettuati dal Politecnico di Torino permettono di delineare finalmente il quadro complessivo del versante di Grange Sises. La relazione di Barla (1984) riporta infatti che: "[...] Il movimento franoso di Grange Sises rappresenta una manifestazione locale di un fenomeno di deformazione a grande scala che coinvolge l'intero fianco vallivo [...]"; inoltre viene specificato che: "[...] il versante analizzato presenta instabilità globale, con evoluzione lenta e continua. Esistono tuttavia numerosi fenomeni franosi a carattere prevalentemente superficiale, ricorrenti nel tempo, di rapida evoluzione e connessi con il disequilibrio del versante [...]".

I numerosi fori di sondaggio delle indagini geognostiche realizzate sia da privati sia dalla Regione Piemonte sono stati spesso attrezzati con sonde inclinometriche e piezometri. Gli Uffici Tecnici della Regione Piemonte (dal 2002 trasferiti in Arpa Piemonte) si sono presi carico negli anni di continuare a mantenere in vita il sistema di monitoraggio effettuando letture con cadenza regolare e creando un quadro di conoscenze strutturato sull'intero sito in esame.

Nel 2005, in seguito ad un finanziamento da parte dell'Assessorato Regionale Opere Pubbliche tale sistema è stato ulteriormente integrato mediante la realizzazione di un sondaggio profondo su cui è stata installata una colonna inclinometrica, nonché la messa in opera di un inclinometro fisso.

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 e DOCUMENTAZIONE di Arpa Piemonte

Codice	Titolo	Tipo	Anno	Autori
2380	Indagini della Procura della Repubblica di Torino sulle aree su cui sorge il complesso residenziale "Grange Sises" nel Comune di Sauze di Cesana - Relazione Tecnica Generale	Studio	1979	Castiglia Cesare
2376	Condizioni geologiche della zona di fraz. Grange Sises e problemi per il nuovo insediamento residenziale	Studio	1979	Grasso Franco
2377	Memoria tecnica d'ufficio relativa all'insediamento Grange Sises allestita su richiesta della Procura della Repubblica di Torino	Studio	1979	Ansaldi Giovanni, Barla Giovanni, Lanza Roberto, Sacchi Rosalino
2378	Osservazioni geologiche sulla relazione peritale dei CTU (perizia predisposta dalla Procura della Repubblica) - Grange Sises - Sauze di Cesana (TO)	Studio	1979	Grasso Franco
11331	Il pericolo di valanghe incombe sul nuovo complesso Grange Sises	Articolo di giornale	1979	
182873	Commissione di indagine circa l'insediamento residenziale in frazione Grange Sises di Sauze di Cesana	Studio	1980	Miglio Attilio
998	Nota sulla determinazione sperimentale della resistenza al taglio dei calcescisti. - (Sito di Grange Sises)	Studio	1982	Barla Giovanni
3617	Criteri di valutazione della stabilità dei versanti nella Regione Piemonte, a scala territoriale e locale ed interventi di stabilizzazione, Siti di Grange Sises e Millaures (Alta val di Susa)	Studio	1983	Barla Giovanni, Puma Francesco, Ramasco Manlio, Stoppa Tarcisio, Susella Gianfranco
1068	Esempio di determinazione dei parametri di resistenza al taglio mediante l'analisi a ritroso di un fenomeno di instabilità di un pendio in calcescisti - (Grange Sises)	Studio	1984	Barla Giovanni, Binetti G., Forlati Ferruccio, Scavia Claudio
2029	Stabilità dei versanti nella Regione Piemonte- Studio interdisciplinare sul sito "Grange Sises"	Studio	1984	
2381	Perizia del Tribunale - Grange Sises - Comune di Sauze di Cesana	Studio	1984	Barla Giovanni
16673	Studio multidisciplinare di versanti in Alta Valle di Susa	Studio	1986	D. Aigotti, E. Armando, G. Barla, F. Forlati, C. Scavia
232869	Progetto di integrazione del sistema di controllo del movimento franoso presso la località Grange Sises nel Comune di Sauze di Cesana (TO)	Studio	2003	Aigotti Donatella, Armando E., Barla Giovanni, Forlati Ferruccio, Scavia Claudio
182856	Promemoria per il Signor Assessore Luigi Rivalta, in ordine all'insediamento di Grange Sises (Comune di Sauze di Cesana)	Studio	1986 ?	
182881	Progetto di integrazione del sistema di controllo del movimento franoso presso la località Grange Sises nel Comune di Sauze di Cesana (TO)	Studio	2003	Arpa Piemonte - Settore Progettazione Interventi Geologico Tecnici e Sismico
219481	Lavori di integrazione del sistema di controllo del movimento franoso presso la località Grange Sises	Studio	2004	Pro.Mo.Geo
232887	Progetto di integrazione del sistema di controllo del movimento franoso presso la località Grange Sises nel Comune di Sauze di Cesana (TO)	Studio	2004	Giraud Vittorio, Troisi Carlo

182877	Integrazione del sistema di controllo sul movimento franoso presso la località` Grange Sises nel Comune di Sauze di Cesana (TO)	Studio	2005	Ivecos
241359	Analisi numerica del grande movimento gravitativo profondo di Grange Sises (To)	Tesi	2009	Agazzoni Roberta, Barbero Monica, Campus Stefano, Lanteri Luca
2312	Comune di Sauze di Cesana, località` Grange Sises - Presentazione ed analisi dei dati inclinometrici raccolti dalla Regione Piemonte dal 1980 al 2001	Studio	2002	Negro Nicoletta
3615	Studio di valutazione e gestione del rischio idrogeologico da dinamica di versante sul territorio comunale di Sauze di Cesana - loc. Grange Sises, Bessen Haut, Bessen Bas.	Studio	2004	Angelino C., Oboni Franco, Visconti Bartolomeo, Riskope Italia S.R.L.
182881	Progetto di integrazione del sistema di controllo del movimento franoso presso la località` Grange Sises nel Comune di Sauze di Cesana (TO)	Studio	2004	Arpa Piemonte - Settore Progettazione Interventi Geologico Tecnici e Sismico

Nel seguito vengono descritte le principali informazioni contenute nei documenti di Tabella 3.1

Documento **cod 2376**: l'indagine eseguita nell'ambito di tale studio è finalizzata alla realizzazione di un nuovo complesso residenziale; di conseguenza vi è un particolare interesse soprattutto per le caratteristiche geomorfologiche del terreno. Dopo una breve presentazione del sito nelle sue generalità, viene fatta una descrizione più approfondita sia del substrato roccioso, sia dei terreni di copertura, che in alcune zone arrivano fino ad una profondità di 20 m. Successivamente viene fatta una descrizione geomorfologica e idrogeologica del sito, nonché un'analisi delle caratteristiche geotecniche derivanti da prove di laboratorio. La presenza di una morfologia caratterizzata da "[...] ripetute alternanze di leggere ondulazioni, piccole gibbosità e depressioni [...]" viene imputata ad " [...] antichi accumuli morenici e detritici e di vecchi fenomeni d'instabilità di vario tipo: soliflussi, creeping colamenti e flow che in varia misura, hanno interessato (e sono da tempo totalmente stabilizzati) la parte più superficiale dei terreni di copertura [...]". A seguito delle valutazioni eseguite si giunge alle considerazioni finali riguardanti la stabilità globale del versante, giudicata complessivamente "[...] buona in relazione alla cronologia umana, con coefficienti di sicurezza rassicuranti [...]". In conclusione, dopo un'attenta analisi delle caratteristiche del sito si giunge alle considerazioni relative al nuovo insediamento, valutando di conseguenza gli aspetti positivi e negativi legati alla sua realizzazione ed i criteri progettuali che dovranno essere utilizzati durante l'esecuzione.

Documento **cod 2377**: lo studio, effettuato dai Proff. Sacchi e Barla e dai Dottori Ansaldo e Lanza per incarico della Procura della Repubblica di Torino, è una perizia tecnica concernente l'insediamento in costruzione nella località Grange Sises, da parte dell'Immobiliare Plan delle Grange S.p.A.. Attraverso tale perizia si è cercato di rispondere a tre quesiti posti dal Sostituto Procuratore:

1. Quali siano i caratteri geomorfologici delle aree site in territorio del comune di Sauze di Cesana sulle quali è sorto e sorgerà l'insediamento denominato "Grange Sises".
2. Se il versante su cui è in corso di attuazione l'insediamento di cui sopra dia sufficienti garanzie di sicurezza per quanto riguarda le condizioni di stabilità in relazione alla realizzazione di un insediamento del tipo previsto.
3. Se l'area di cui è processo sia soggetta a pericolo di cadute di valanghe ed in particolare se il pericolo di valanghe sia tale da costituire pregiudizio per la sicurezza degli insediamenti previsti.

Gli Autori pur concordando in parte con il quadro delineato nella relazione precedentemente citata (Grasso, 1979) evidenziano come in tale relazione: "[...] un aspetto morfologico molto importante resta in ombra. La morfologia di tutto il versante sito tra l'insediamento in costruzione e il sovrastante sperone roccioso visibile verso quota 2200, [...] è interamente dovuta a modellamento per frana. [...]". Questi, infatti, mettono in luce l'esistenza di "[...] un esteso fenomeno franoso che ha modellato tutto il versante ed in particolare la zona circostante l'insediamento fino almeno alla quota 2200 [...]".

Documento **cod 182873**: Il documento, elaborato a seguito di uno studio svolto da una Commissione d'indagine, si preme di chiarire tre quesiti, il primo di carattere amministrativo, il secondo di natura geologico-idrologica, il terzo riguardante l'innevamento.

Per quanto riguarda la struttura geo-morfologica del versante le analisi eseguite definiscono che "[...] i calcescisti a basamento sono caratterizzati da un'intensa fratturazione primaria e secondaria che ne abbassa notevolmente le caratteristiche geomeccaniche tanto da rendere difficile la distinzione tra roccia in posto e sua copertura detritica [...]", di conseguenza viene riscontrato che "[...] le condizioni geomorfologiche descritte sono chiaramente sfavorevoli dal punto di vista della stabilità del versante [...]. Elementi sopra descritti fanno emergere una situazione sostanzialmente negativa dal punto di vista della stabilità del versante su cui sorge l'insediamento Grange Sises [...]".

Documento **cod 2029**: la pubblicazione nasce dai risultati di uno studio interdisciplinare nell'ambito di un contratto di ricerca tra la Regione Piemonte e il Politecnico di Torino e successivamente proseguito come tema di ricerca dell'allora Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Torino. Lo scritto contiene oltre ad indagini di carattere geologico e fotointerpretativo, anche studi di tipo geofisico e geotecnico, in modo da poter determinare le caratteristiche principali del versante, descrivendo i fenomeni di instabilità pregressa o potenziale evidenziata, ed eventualmente riuscire ad individuare un criterio di analisi per i fenomeni gravitativi di grande estensione. Sul sito sono state svolte le seguenti indagini:

- analisi fotointerpretativa di aerofotografie;
- rilevamento sul terreno dei principali caratteri geomorfologici;
- rilevamenti geofisici con il metodo elettrico e sismico a rifrazione;
- perforazioni di sondaggio per ricostruire la stratigrafia e per le prove di laboratorio;
- rilevamento geomeccanico delle discontinuità;
- prove ed analisi in laboratorio ed in sito;
- installazione di tubi inclinometrici e celle piezometriche;
- analisi a posteriori di instabilità già avvenute;
- verifiche di stabilità effettuate con il metodo dell'equilibrio limite.

Dall'analisi fotointerpretativa è stato individuato, a valle della curva di livello 2000 m, un movimento di versante tipo scoscendimento, al cui interno si possono riconoscere caratteristiche morfologiche attribuibili a fenomeni deformativi lenti, di tipo visco-plastico. Le ipotesi formulate sono state avvalorate dall'indagine

sismica a rifrazione e dal metodo di resistività elettrica, i quali hanno rilevato l'esistenza di un orizzonte profondo, con valori di resistività ridotti da attribuire alla formazione di calcescisti massivi e poco fratturati a profondità di 30-50m. Anche i sondaggi stratigrafico-geotecnici hanno riscontrato materiali debolmente coesivi che sovrastano i calcescisti più profondi. È stata quindi diagnosticata la presenza di potenziali superfici di scivolamento più o meno profonde (50-80m) nella zona compresa tra le curve di livello 1750-2100 m.

Documento cod **16673**: questa pubblicazione prende spunto dalla precedente relazione di Barla (1984) e ne riprende integralmente l'impostazione ed i tratti generali. È però necessario evidenziare che in questo caso è riportato, non solo graficamente, il risultato delle prove geotecniche eseguite in laboratorio sui campioni, riscontrando come parametro dell'angolo di attrito residuo un valore compreso tra un minimo di 27° (materiale di riempimento) e un massimo di 36°.

Documento cod **182856**: Il documento contiene la cronologia degli studi effettuati nel sito di Grange Sises, dalla scoperta del fenomeno (1979) fino alla metà degli anni '80. La relazione mette in luce che l'interesse scaturisce in relazione ad alcuni illeciti amministrativi legati alla realizzazione di nuove unità abitative, dal momento che l'area era stata dichiarata come soggetta ad "[...] una grave situazione idrogeologica caratterizzata da diffusa franosità legata a sfavorevoli fattori predisponenti (litologia dei calcescisti) [...]". Si perviene quindi ad un quadro generale della situazione e ad un'analisi completa delle relazioni citate in precedenza. Sebbene non sia indicato l'anno di redazione del documento, dalla ricostruzione degli eventi elencati al suo interno è possibile ipotizzare che questo sia stato scritto nel periodo compreso tra il 1986 ed il 2002.

Documento cod **2312**: Nel rapporto viene valutata la situazione della strumentazione presente nel sito in modo tale da avere un quadro generale che definisca quali inclinometri siano ancora in funzione e quali ormai danneggiati oppure abbandonati. Esistono infatti tre serie di letture inclinometriche: la prima è quella eseguita nei primi anni ottanta dalla Regione Piemonte su 7 strumenti, la seconda è stata effettuata dal 1980 sino al 1994-95 dalla ditta OTR per conto di privati su 14 strumenti, mentre la terza è stata fatta dal 1989 sino al 2001 dalla ditta OTR per conto di Regione Piemonte su 3 strumenti. Alla data di redazione del rapporto, tre inclinometri (A, S2B, I) sono attivi, altri tre (S101, S113, S115) tagliati per frana e fuori uso, mentre tre sono o poco profondi (S102) oppure danneggiati nel corso di interventi sul versante (S122, S136). Infine sette strumenti risultavano attivi fino al 1995, ma attualmente non sono note le loro condizioni. È riscontrato che l'inclinometro IP di lunghezza 57.5 m evidenzia un netto movimento superficiale nei primi 2-3 m di profondità, fino a 100 mm/anno, ma, trovandosi al di sopra di una scarpata, ha una posizione "sospetta". La falda o comunque la presenza di acqua è monitorata a 37 m di profondità. Inoltre viene individuato un fenomeno di fluage (creep), con circa 20 mm di spostamento sotto la coltre superficiale. L'inclinometro S2B, profondo 71.5 m e misurato dall'agosto 1989 è praticamente fermo, mentre invece il telerilevamento segnala un cedimento verticale. Dalla relazione si evince che tutti gli inclinometri correttamente installati evidenziano almeno una superficie di "scivolamento" tra i 20 m e 30 m di profondità, mentre gli strumenti più profondi mostrano una seconda anomalia a 40-50 m. Le velocità medie annue in testa tubo sono quasi tutte di ordine millimetrico e variano tra un minimo di 1.4 mm/anno e un massimo di 9.7 mm/anno; quindi secondo la classificazione di Cruden & Varnes (1996) il tipo di movimento è da registrarsi come "estremamente lento", mentre per quanto riguarda gli azimut di spostamento, questi tendono ad allinearsi verso W-SW.

Documento cod 182881: la relazione riguarda il progetto definitivo-esecutivo di ampliamento del sistema di monitoraggio a seguito dell'analisi eseguita dalla Dottoressa Negro (Rapporto Regione Piemonte, 2002), infatti era evidente che: “[...] Di tutti gli inclinometri sino ad oggi realizzati solo due vengono attualmente misurati; nelle conclusioni della relazione, inoltre, si osservava come gran parte dei sondaggi realizzati attraversino il corpo di frana senza raggiungere, probabilmente un substrato stabile. Da qui la necessità di ripristinare il sistema di controllo e di ottenere informazioni circa stratigrafie e movimenti su livelli più profondi [...]”. Risulta quindi necessario organizzare un rafforzamento della rete di monitoraggio, che interessi anche profondità piuttosto elevate in modo tale da poter “[...] verificare l'entità dei movimenti in atto; verificare l'estensione in profondità dei movimenti; fornire un supporto decisionale al Sindaco in caso di evoluzione dei fenomeni [...]”. A tale scopo sono quindi stati inseriti i nuovi inclinometri I6SZCA3, I6SZCA4, I6SZCA5, I6SZCA6, I6SZCA7, I6SZCB1 e I6SZCB2 ed, in relazione, spiegate le specifiche tecniche della loro messa in opera.

Documento cod **3615**: Questo studio è stato effettuato nell'ambito dell'attività di pianificazione territoriale legata all'aggiornamento del Piano Regolatore Generale Comunale di Sauze di Cesana per ottenere un inquadramento per la valutazione e gestione del rischio idrogeologico da dinamica di versante sul territorio comunale. La zona è stata infatti inserita nella recente cartografia del PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po) con la denominazione di frana attiva, di conseguenza ogni potenziale sviluppo urbanistico sul territorio è stato inibito. Il rapporto è piuttosto articolato e comprende numerose fasi di lavoro, partendo da una parte investigativa di raccolta della documentazione disponibile, per approdare in seguito ad un'analisi geotecnica del fenomeno, alle verifiche di stabilità ed alle considerazioni pratiche su una possibile realizzazione di ulteriori insediamenti sui versanti oggetto di studio. Nel rapporto viene eseguita una zonizzazione dell'area in esame,

suddividendo il territorio in 5 differenti settori:

- settore 1: sormonta l'agglomerato di Sauze di Cesana;
- settore 2: ingloba l'insediamento di Grange Sises;
 - settore 3: zona disabitata a monte dell'abitato di Grange Sises;
- settore 4: zona disabitata, località Gardiola;
- settore 5: Ingloba i due centri abitati di Bessen Bas e Bessen Haut.

A seguito di una verifica di stabilità viene riscontrato che i settori 4 e 5 hanno un livello di pericolosità piuttosto elevato, mentre per quanto riguarda gli altri settori si ha una diminuzione della pericolosità.

3.2 Quadro relativo a vincoli ed aspetti normativi

Il Comune di *Sauze di Cesana* è dotato di *Piano Regolatore Generale* adottato con delibera de Consiglio Comunale n. 12 del 18.06.1993. Il piano è stato successivamente sottoposto a rielaborazione parziale ai sensi dell'Art. 15, Comma 15 della L.R. 56/1977 a seguito delle osservazioni della Regione Piemonte con D.C.C. n. 12 del 10.03.1997 in via preliminare e D.C.C. N 28 del 27.09.1997 in via definitiva. Il P.R.G. Comunale è stato dichiarato compatibile con il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità id Bacino del Po con D.G.R. n. 1-8753 del 18.03.2003.

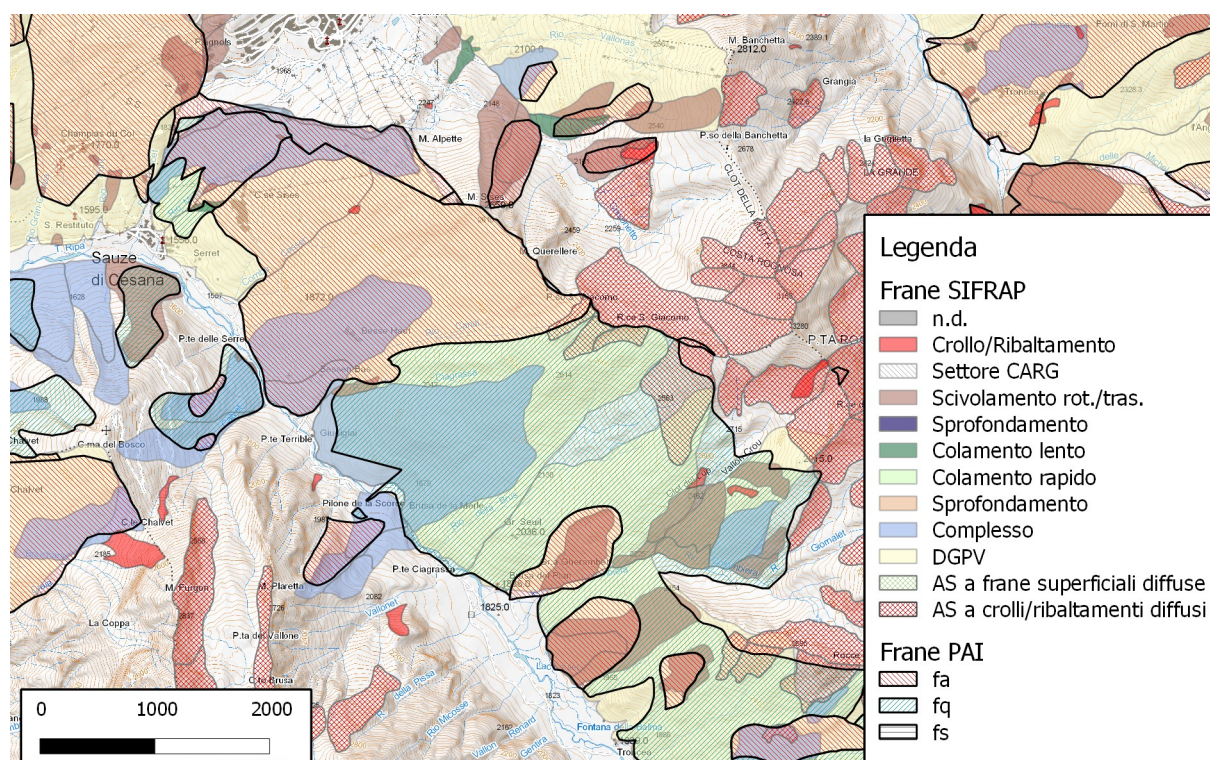


Figura - Perimetrazione dell'area in esame come riportata dalla cartografia 1:25.000 PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico in Piemonte).

3.3 *Danni*

Nell'ambito della Convenzione fra Arpa Piemonte e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia per l'Approfondimento dell'analisi dei dati PSInSAR in Regione Piemonte è stata realizzata dall'Università un'analisi dello stato degli edifici per alcune zone interessate da DGPV. Nelle pagine seguenti ne vengono riportati sinteticamente i risultati.

Lo stato del dissesto degli edifici dipende da vari fattori (tipologia edificio, struttura, interventi di manutenzione, interazione fra movimento franoso e struttura...), perciò non è possibile stabilire una correlazione fra grado di danno e velocità registrata dal PS (o dall'inclinometro). Tuttavia il rilievo su terreno dello stato degli edifici ha permesso di fare alcune considerazioni utili alla comprensione della cinematica del fenomeno e di verificare come a parità di movimento si hanno risposte differenti.

Grange Sises: Si tratta di un centro realizzato negli anni'80 quindi con edifici di recente costruzione con struttura in cemento armato. La costruzione avvenuta su una zona già interessata da problematiche dissestive ha previsto interventi di consolidamento (es. muri di perimetrazione a setti separati) e interventi di manutenzione continua che mascherano l'effetto di eventuali lesioni. Nonostante le modalità costruttive e gli interventi di manutenzione sono rilevabili diffuse lesioni sugli edifici, seppure di modesta gravità. Il sopralluogo effettuato sembra confermare infine che le maggiori lesioni si hanno in corrispondenza del settore SE dove i PS registrano i maggiori movimenti.



Figura 3.1: Località Grange Sises - edificio con deboli lesioni in parte restaurate

Bessen Haute: Tutta la frazione è stata oggetto di un restauro recente tuttavia gli edifici ancora non ristrutturati presentano lesioni anche di grave entità. La maggior parte degli edifici è in pietra.



Figura 3.2: Edificio lesionato a Bessen Bas Haute

Bessen Bas: La frazione di Bessen Bas presenta le maggiori lesioni dei tre centri esaminati. Gli edifici sono in pietra, in genere non sono stati sottoposti a restauro, con lesioni, anche molto gravi e diffuse. Un muro di sostegno a lato della strada è lesionato nei tratti dove non ha subito recenti interventi di consolidazione.



Figura 3.3: edificio lesionato a Bessen Bas



Figura 3.4: Muro di sostegno a lato strada in prossimità di Bessen Bas lesionato

3.4 Voli aerei disponibili

Tabella 3.2 - Riepilogo dei 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 Ferretti	1:15.000		

3.5 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 (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.

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.

Per l'area in esame sono disponibili le elaborazioni relative ai seguenti dataset.

Tabella 3.3 - Riepilogo delle elaborazioni effettuate da TRE su dati ERS

Dataset:	PRAGELATO_ERS_D_T22_26 91	FENESTRELLE_ERS_T301_F891
Tipo di analisi	SPSA	SPSA
Satellite utilizzato	ERS-1 e ERS-2	ERS-1 e ERS-2
Numero di scene utilizzate	88	35
Intervallo temporale di analisi	03 Maggio 1992 - 10 Gennaio 2001	03/05/1992 – 10/01/2001
Master acquisition	1997/06/25	25-giu-97
Track / Frame	22 / 2691	22 / 2691
Sistema di proiezione	ED50 - UTM 32N	ED50 - UTM 32N
Orbita	Discendente	Discendente
Coordinate del punto di riferimento	NORTH: 4980602.13 EAST: 332080.94	NORTH: 4988100 EAST: 372238
Estensione dell'area di interesse	980 Km2	2173 Km2
Numero di PS identificati	9030	26634
Coordinate del vettore di puntamento	alos: -0.10153 blos: 0.41928 clos: 0.90216	alos: -0.07254 blos: -0.36427 clos: 0.92847

Tabella 3.4 - Riepilogo delle elaborazioni effettuate da TRE su dati RADARSAT dati ascendenti e discendenti

Dataset:	Dataset Ascendente	
	PRAGELATO_LOCAL_RSAT_S3_A_T190	PRAGELATO_RSAT_S3_D_T340
Tipo di analisi:	Regional SqueeSAR™ Analysis	Regional SqueeSAR™ Analysis
Satellite utilizzato	RSAT-S3	RSAT-S3
Geometria di acquisizione	ASCENDING	ASCENDING
Numero di scene utilizzate	77	78
Intervallo temporale di analisi	18/9/2003 - 15/12/2009	14/4/2003 - 02/12/2009
Sistema di proiezione	WGS_1984_UTM_Zone_32N	WGS_1984_UTM_Zone_32N
Coordinate del punto di riferimento	NORTH:4997652,1103 EAST: 366477,9156	NORTH: 4996584,5669 EAST: 364458,9492
Estensione dell'area di interesse	471,91 Km2	472,07 Km ²
Numero di PS identificati	8005	13324
Coordinate del vettore di puntamento	N: -0.09364 E: -0.56810 E: 0.81762	N: -0.12040 E: 0.56197 E: 0.81835

Per l'area in esame l'indagine mediante dati ERS ha evidenziato la presenza di un notevole numero di riflettori, in modo particolare per quanto riguarda il Dataset con geometria discendente per l'analisi effettuata sui dati estivi (dataset DESCE SUMMER). I dati derivanti dalla geometria ascendente al contrario

non evidenziano alcun riflettore. Anche l'analisi sui dati Radarsat, evidenzia un elevato numero di riflettori: in questo secondo entrambe i dataset (discendente ed ascendente) riescono ad identificare un elevato numero di riflettori.

Tabella 3.5 - Riepilogo delle principali informazioni PS disponibili che interessano il fenomeno analizzato.

Satellite	Geometria	N° PS
ERS	Asce	0
	Desce	126
	Desce_summ	538
RADARSAT	Asce	273
	Desce	636

Come noto mediante la tecnica interferometrica il dispositivo di rilevamento radar è in grado di individuare il bersaglio e valutare la distanza a cui è posizionato unicamente lungo la direzione di puntamento dell'antenna, definita Line of Sight (LOS). Nel caso dei movimenti di versante, ipotizzando che il movimento avvenga prevalentemente lungo la direzione di massima pendenza, sarà possibile leggere la massima componente di movimento quando il versante è posizionato esattamente lungo la LOS. In caso contrario verrà rilevata solo la componente di movimento lungo tale direzione.

3.6 Banca dati geotecnica

L'analisi dei dati contenuti nella banca dati geotecnica di Arpa Piemonte ha evidenziato la presenza di un numero considerevole di indagini effettuate nel versante in oggetto di studio. Nella Tabella 3.6 vengono riportati i dati di riepilogo dei sondaggi presenti nella banca dati. Nei capitoli successivi le stratigrafie di sondaggio sono state confrontate con le risultanze delle campagne inclinometriche al fine di trovare eventuali corrispondenze tra le caratteristiche dell'ammasso roccioso e le zone in cui si concentrano i movimenti.

Tabella 3.6 - Riepilogo delle elaborazioni effettuate da TRE su dati RADARSAT dati discendenti

Cod. Perforazione	Nome Perforazione	Data	Località	Lunghezza [M]	Strumentazione P= Piezometro:	Prove In Foro	N. Ro Campioni
131	S12	15/12/1981	Km 5 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	58.0		no	0
132	S1	28/6/1982	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	53.1		si	6
133	P1	0/0/1982	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	45.1	P	no	0
134	S2	15/7/1982	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	72.2	I	no	5
135	S6	15/12/1981	Ponte Rio Sises comune di Sauze di Cesana	44.5		si	2
136	S3	13/11/1981	Ai piedi Monte Alpette comune di Sestriere	69.0	P	si	12
137	SI115	16/12/1981	Km 4.15 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	34.0	I	no	0
138	P115	23/6/1982	Km 4.15 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	43.0	I	no	0
139	SI113	4/9/1982	Km 4.1 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	40.8	I	no	0
140	P113	0/0/1982	Km 4.1 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	42.0	P	no	0
141	SI112	18/9/1982	Km 4 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	45.8	I	no	0
142	P112	0/0/1982	Km 4 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	45.0	P	no	0
143	S103	16/6/1982	Km 4.3 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	40.4	I	no	0
144	P103	21/6/1982	Km 4.3 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	39.6	P	no	0
145	S114	9/12/1981	Km 4.33 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	40.1	I	no	0
146	P114	25/6/1982	Km 4.33 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	33.7	P	no	0
147	CO1	0/0/1982	Km 4.2 S.P. Sestriere nel comune di Sauze di Cesana	73.9	P	no	0
148	S17	23/9/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	22.0		si	0
149	S14	10/9/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	22.0		si	0
150	S7	12/9/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	22.0	P	si	0
151	S1	4/8/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	22.5	P	si	0
152	S5	24/8/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	25.0	P	si	0
153	S8	15/9/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	25.0	P	si	0
154	S10	8/9/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	25.0	P	si	0
155	S3	7/8/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	24.0	P	si	0
156	S6	21/8/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	24.5	P	si	0
157	S2	6/8/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	25.0		si	0
158	S12	5/9/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	20.0		si	0
159	S9	17/9/1974	S.P. Sestriere tra il km 4 e il km 4+8 comune di Sauze di Cesana	19.0		si	0
160	S11	18/9/1974	150 m ovest S.P. km 4.32 comune di Sauze di Cesana	15.0		si	0

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento
Comune di Sauze di Cesana, località Grange Sises

Cod Perforazione	Nome Perforazione	Data	Località'	Lunghezza [M]	Strumentazione P= Piezometro:	Prove In Foro	N.Ro Campioni
161	S13	1/9/1974	150 m ovest S.P. km 4.32 comune di Sauze di Cesana	20.0		si	0
162	S15	19/9/1974	150 m ovest S.P. km 4.32 comune di Sauze di Cesana	11.0		si	0
163	S16	20/9/1974	150 m ovest S.P. km 4.32 comune di Sauze di Cesana	11.0		si	0
164	S4	9/8/1974	150 m ovest S.P. km 4.32 comune di Sauze di Cesana	8.0		no	0
165	S1bis	10/8/1974	150 m ovest S.P. km 4.32 comune di Sauze di Cesana	15.0	P	no	0
101245	S101	0/0/1981	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	37.7	P	no	0
101246	S102	0/0/1981	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	31.1	I	no	0
102135	I	0/10/1999	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	57.5	I	no	0
102197	P	0/10/1999	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	41.0	P	no	0
104267	S1	18/6/2004	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	90.0	I	no	0
104268	S2	24/6/2004	Grange Sises nel comune di Sauze di Cesana	50.0	P	no	0

4 Analisi del dissesto

4.1 Inquadramento geologico

Il versante in esame risulta modellato in sequenze metamorfiche appartenenti al complesso piemontese dei calcescisti con pietre verdi, unità tettonica che si estende per tutto l'arco delle Alpi Occidentali. La Carta Geologica d'Italia (Figura 4.1) indica la presenza di calcescisti (cs) di tipi svariati, con pigmento carbonioso o granitico, a luoghi arenaci, filladici o albitiferi, nonché depositi quaternari di origine morenica würmiana, postwürmiana e recente (m) e detriti di falda (a). I calcescisti sono rocce prevalentemente scistose prodotte da metamorfismo non intenso su sedimenti calcareo-marnosi. Nella zona di studio è possibile distinguere sostanzialmente tre tipologie di calcescisti (Barla, 1984):

1. calcescisti filladici, molto ricchi in mica e sostanze carboniose con marcata scistosità ed avanzata degradazione;
2. calcescisti a tessitura listata, talora ripiegati con livelli e vene calcitiche;
3. calcescisti massivi carbonatici a scistosità poco evidente.

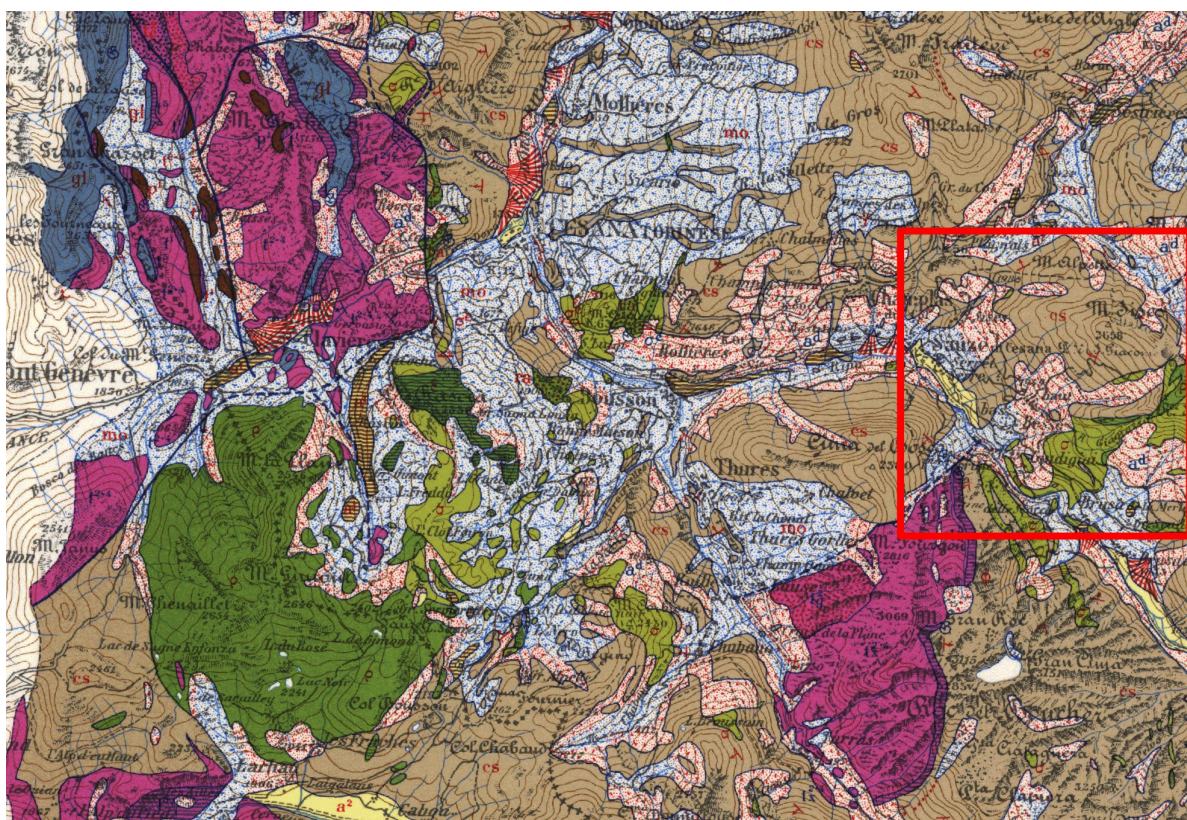


Figura 4.1: Stralcio della Carta Geologica d'Italia - scala 1:100.000 con localizzazione indicativa della zona interessata (linea rossa).

I depositi morenici sono effettivamente presenti nella porzione altimetricamente meno elevata del versante e si presentano in alcuni casi dislocati e rimodellati dall'attività di versante; depositi detritici di falda sono invece presenti sul versante, ma con estensione decisamente minore rispetto a quanto riportato nella Carta Geologica d'Italia. Analisi effettuate da Barla negli anni ottanta, hanno messo in luce che l'intero versante risulta caratterizzato dalla presenza di numerosi elementi morfologici quali scarpate, trench, superfici di discontinuità, fratture, depressioni chiuse e depressioni allungate. Gli elementi morfologici lineari risultano orientati prevalentemente in direzione E-W e ESE-WNW, parallelamente ad un importante sistema di discontinuità identificabile anche dall'analisi effettuata su alcuni affioramenti posti in prossimità del versante in esame.

4.2 Analisi geologico-geomorfologica

In riferimento agli studi di Barla (1984), riadattati ed integrati mediante una specifica attività di fotointerpretazione, è stato possibile mettere in luce diversi settori principali che si diversificano tra di loro in base alle caratteristiche morfologiche, alla modalità di evoluzione dei fenomeni deformativi ed al loro grado di evoluzione nonché ai materiali coinvolti.

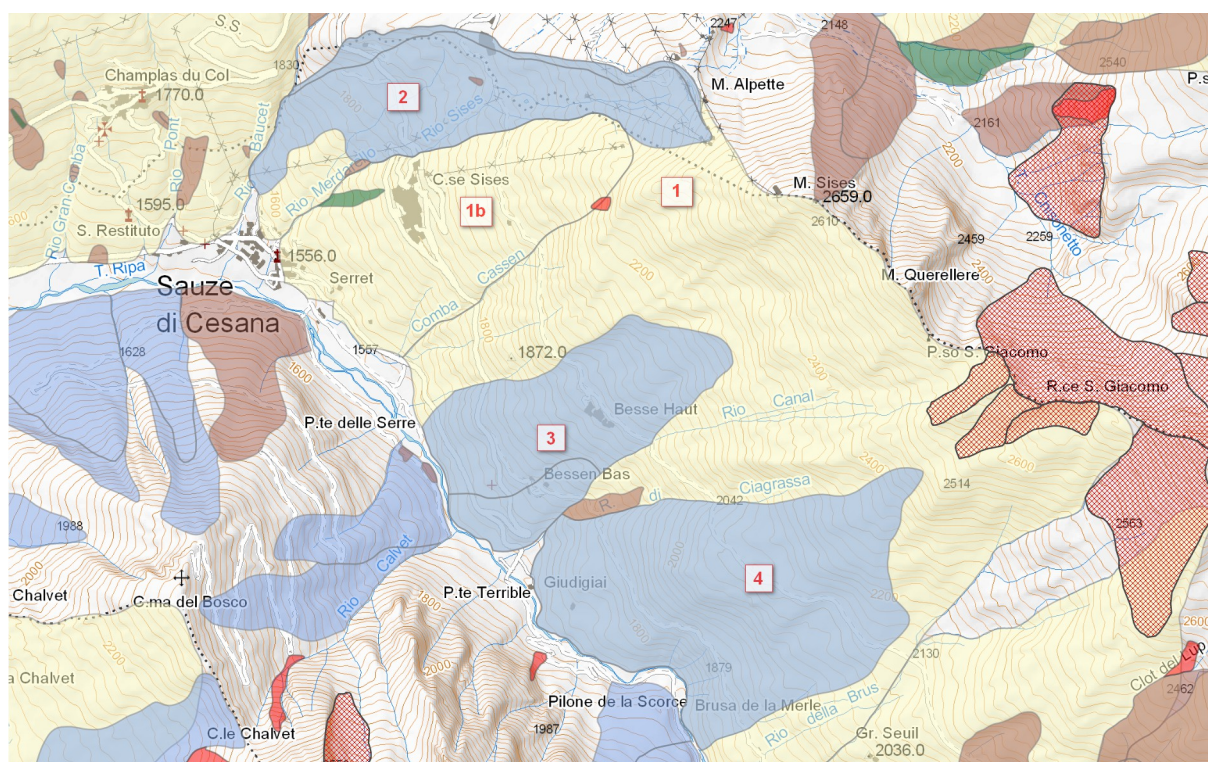


Figura 4.2: Identificazione delle zone con differenti caratteristiche morfologico-geologiche. I numeri in rosso fanno riferimento ai settori descritti nel testo

- Il **Settore 1**, comprendente la porzione medio alta del versante che si estende dal Monte Sises al Piano San Giacomo, è interessato da scarpate e discontinuità che si sviluppano prevalentemente in roccia. Sono messe in luce dislocazioni e fratture che conferiscono, localmente al versante una morfologia “a scalini”. Si tratta di un fenomeno classificabile come DGPV che si manifesta attraverso lenti e continui meccanismi deformativi dell’ammasso roccioso a carico di estese e profonde porzioni di versante. Le DGPV sono un movimento di massa molto complesso che si attua attraverso una deformazione perlopiù lenta e progressiva della massa rocciosa, senza che siano apprezzabili superfici di rottura continue. Il processo deformativo avviene per spostamenti differenziali estremamente lenti che si sviluppano lungo serie di giunti e piani di discontinuità variamente orientati, o per deformazione dell’ammasso roccioso concentrate lungo fasce di maggior debolezza localizzate a diversa profondità ed aventi differenti spessori. Ciò determina un mutamento delle condizioni di stabilità generale di ampi settori di versante, coinvolgendoli spesso dagli spartiacque fino, talora, al fondovalle per profondità che superano il

centinaio di metri, causando spostamenti di volumi rocciosi di parecchie decine di milioni di metri cubi verso il basso e verso l'asse della valle. Le evidenze morfologiche più significative si osservano sulle parti sommitali dei versanti, caratterizzati dalla presenza di contropendenze e trench, nonché di veri e propri avvallamenti trasversali al versante o lungo le dorsali spartiacque. Si verificano così quei tipici fenomeni di sdoppiamento anche multiplo della cresta stessa. Tutto ciò è conseguente a un comportamento dislocativo delle parti alte del versante che induce spostamenti differenziali lungo superfici di rottura ben definite che vengono a loro volta assorbiti nella fitta rete dei vari sistemi di discontinuità delle parti medio basse, dove si evidenzia la presenza di grandi campi di detrito, in superficie, e di inarcamenti e rigonfiamenti che conferiscono al pendio un marcato profilo convesso.

- Il **Settore 1b**, è compreso tra il rio Merdarello ed il rio Comba Cassen, in corrispondenza dell'insediamento Grange Sises. Pur trattandosi di un fenomeno simile a quello precedentemente descritto, si differenzia da questo in quanto i caratteri morfologici qui messi in luce diventano talora mal definiti, con grado evolutivo intermedio tra quelli relativi al settore precedente. Sono coinvolti, nei fenomeni cartografati, materiali sciolti e porzioni rocciose disarticolate. Immediatamente a valle dell'abitato di Grange Sises è presente una frana per colamento lento che interessa la parte più superficiale del versante.
- Il **Settore 2**, che si identifica con il bacino del rio Merdarello, è sede di fenomeni di instabilità molto evidenti, con movimenti che interessano prevalentemente i terreni di copertura. Sono presenti incisioni assai approfondite, interessate da instabilità locali. In particolare, si osserva che tra le quote 2'000 m e 2'150 m ed in prossimità del rio, si sono avute nell'arco di circa 25 anni, modifiche considerevoli dei tratti morfologici. Il comportamento di insieme del versante è di tipo composito, con caratteri assimilabili a quelli dello scivolamento nella parte altimetricamente più elevata, mentre nella porzione mediana e di valle la distribuzione della velocità nella massa dislocata può essere paragonata a quella dei fluidi viscosi e quindi il movimento avviene con un meccanismo per colamento lento. Questo secondo tipo di meccanismo, sicuramente preponderante in questo settore rispetto a quello per scivolamento, è caratterizzato da un movimento spazialmente continuo, in cui le superfici di taglio hanno breve durata, sono molto ravvicinate e generalmente non si conservano. Il limite inferiore della massa spostata può essere una superficie in corrispondenza della quale ha avuto luogo un'apprezzabile movimento differenziale, oppure una spessa zona in cui gli sforzi di taglio sono distribuiti. Esiste in genere un passaggio graduale dal movimento per scivolamento a quello per colamento in funzione del contenuto d'acqua, della mobilità del materiale e dell'evoluzione del movimento. Il fenomeno nel suo complesso è stato classificato, per la sua natura composita, come frana complessa, intendendo con tale termine la combinazione di più movimenti differenti (colamento e scivolamento) che possono avvenire simultaneamente o in momenti diversi in porzioni diverse del settore descritto.
- I **Settori 3 e 4**, corrispondenti, rispettivamente, alla zona sui cui sorgono gli abitati di Bessen Bas e Bessen Haut e la zona di Coste Rugne hanno un comportamento nel complesso assimilabile a quello riscontrato nel Settore 2. Le evidenze morfologiche evidenziano però che la massa dislocata ha un comportamento di tipo maggiormente "rigido", dove la componente di scivolamento prevale rispetto a quella di colamento visco-plastico del materiale. È inoltre ipotizzabile che questi fenomeni coinvolgano una maggior potenza di materiale mobilizzato. Anche in questo caso i fenomeni, essendo costituiti dalla combinazione di più movimenti differenti (colamento e scivolamento) che possono avvenire

simultaneamente o in momenti diversi in porzioni diverse, sono stati classificati come frane complesse. All'interno di questo settore è stato identificato inoltre un fenomeno di più modeste dimensioni di tipo scivolamento traslativo/rotazionale posto immediatamente ad est della borgata Bessen Bas. Il versante è stato oggetto di indagini di carattere geologico e fotointerpretativo, ma anche di studi di tipo geofisico e geotecnico, che hanno reso possibile l'interpretazione e la comprensione delle principali caratteristiche del versante, con particolare attenzione alla descrizione dei fenomeni di instabilità pregressa o potenziale evidenziata e soprattutto lo sviluppo di un criterio di analisi e studio di versanti interessati da fenomeni gravitativi di notevole estensione (Barla, 1984).

4.3 Descrizione del fenomeno

Sulla base delle risultanze derivanti dal sistema di controllo RERCOMF e dell'analisi della Banca Dati Geotecnica di Arpa Piemonte Agazzoni (2008), nell'ambito di una Tesi realizzata in collaborazione con Arpa Piemonte, ha effettuato un'analisi delle risultanze di ogni singolo strumento di monitoraggio e le ha messe in relazione con la profondità della superficie di scivolamento, le velocità registrate e le stratigrafie dei sondaggi. Tale lavoro è stato ripreso in seguito da Meisina et al. (2009) al fine di individuare settori a diversa evoluzione e di farne un confronto con i dati emersi dall'analisi interferometrica ERS. I seguenti paragrafi riportano una descrizione sintetica di quanto emerso dai lavori citati.

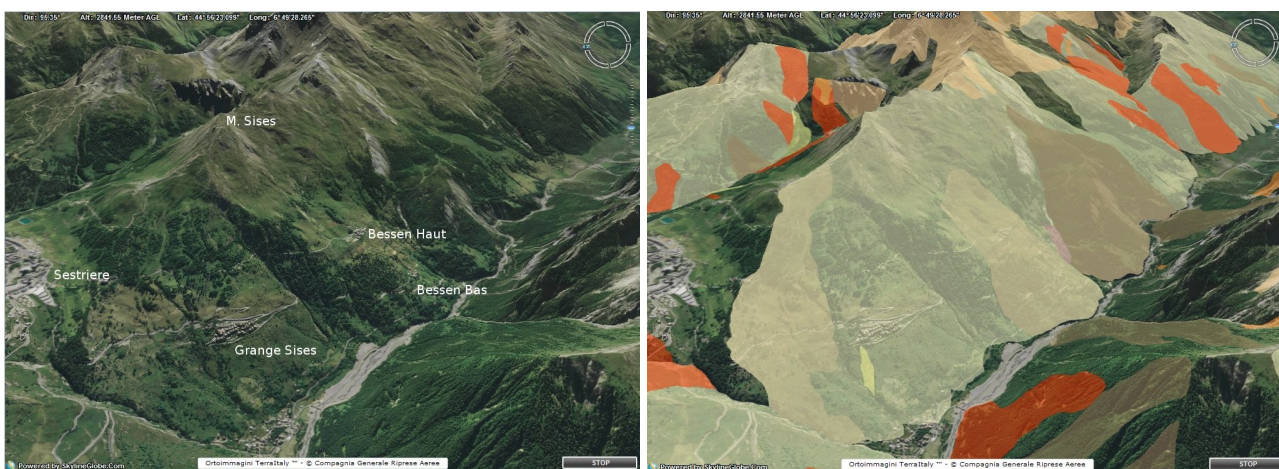


Figura 4.3: a sinistra) ricostruzione digitale del versante di Grange Sises ottenuta mediante il Servizio Piemonte 3D di Arpa Piemonte, a destra) sovrapposta la perimetrazione dei dissesti e della DGPV ottenuta dai dati SIFRAP.

L'intero versante è caratterizzato dalla presenza di depositi derivanti dalla disgregazione dell'ammasso roccioso da parte della dinamica di versante, costituiti da una successione di terreni sabbioso-limosi inglobanti blocchi di calcescisti completamente frantumati, che poggiano al di sopra di calcescisti fortemente fratturati ed alterati presenti a profondità che raggiungono almeno i 100 m di profondità dal piano campagna. In generale spostandosi dalla zona di cresta verso valle si osserva un generale aumento della potenza dei depositi che raggiungono i 70–80 m nei settori bassi del versante. Le velocità di movimento tendono ad aumentare passando dallo spartiacque al fondovalle. Esse tendono nel settore medio del versante ad essere comprese tra i 5 e i 20 mm/y. La direzione di scivolamento è diretta sostanzialmente lungo la linea di massima pendenza. È possibile identificare più superfici di scivolamento, anche se in genere la superficie principale tende ad essere contenuta nei livelli limoso-sabbiosi in prossimità del contatto fra l'ammasso disgregato ed i calcescisti. Tale superficie tende quindi ad essere più profonda nella parte medio-bassa del versante; la presenza di più superfici di scivolamento viene ben evidenziata dai grafici di movimento cumulato anche dalle velocità registrate dagli inclinometri che mostrano valori più elevati in corrispondenza del piano campagna e decrescenti con la profondità con le variazioni di velocità in corrispondenza delle superfici di scivolamento.

L'analisi delle risultanze del sistema di monitoraggio e delle stratigrafie permette di distinguere caratteristiche diverse per i settori descritti nel capitolo precedente :

Settore 1 (Parte alta del versante)

Meisina et al. attribuiscono erroneamente a tale settore la presenza di due inclinometri. In realtà, trattandosi della parte più elevata altimetricamente del versante e su cui non sorgono manufatti antropici, non sono presenti strumenti di monitoraggio e sondaggi.

Settore 1b (Grange Sises)

In corrispondenza dell'abitato di Grange Sises gli inclinometri registrano valori di spostamento di circa 8-10 mm/y; immediatamente a sud-est del concentrico diversi inclinometri risultano danneggiati o tagliati per cui non è più possibile registrare i movimenti più profondi. La superficie di scivolamento principale attesta sui 50 m di profondità dal piano campagna. Un unico inclinometro mostra velocità di spostamento più elevate (27 mm/y) che corrispondono però ad una superficie di scivolamento più superficiale.

Tabella 4.1 - Stratigrafia semplificata derivata dal sondaggio S2

Profondità (m)	Descrizione
da P.C. fino a 53 m:	alternanza di sabbia, limo con ciottoli inglobanti rari massi di calcescisto molto fratturato;
oltre i 53 m	Calcescisti fratturati

Settore 2 (Rio Merdarello)

E' presente un inclinometro che mostra velocità nell'ordine di 13,5 mm/y; la superficie di scivolamento più profonda è posta a -65 m. La velocità tende ad essere maggiore in superficie da una profondità di 19 m.

Tabella 4.2 - Stratigrafia semplificata derivata dal sondaggio ISZCA5

Profondità (m)	Descrizione
0-11	terreno di riporto blocchi e clasti di calcescisto in matrice sabbiosa.
11- 35	ciottoli clasti e frammenti rocciosi in matrice limoso sabbiosa debolmente argillosa
35- 60	ammasso roccioso disarticolato blocchi di calcescisto fratturato localmente molto alterato in scarsa matrice fine limoso sabbiosa
60 -66	limo sabbioso fine con subordinati clasti rocciosi
66-69	brecce e clasti rocciosi molto alterati in matrice sabbioso limosa
69 -105	calcescisto massiccio con lenti quarzoso albitiche con livelli molto alterati e fratture
105 – 120 m	calcescisto da debolmente granitico a grafitico massiccio con subordinati livelli fratturati

Questo settore mostra le velocità più elevate (15 mm/y) e gli spessori maggiori della coltre detritica (80 m) nell'abitato di Bessen Haute, altri due inclinometri mostrano velocità tra i 7 e i 9 mm annui. Il movimento si presenta profondo con un'ulteriore accelerazione in prossimità della superficie.

Tabella 4.3 - Stratigrafia semplificata derivata dalla banca dati geotecnica di Arpa Piemonte

Profondità m	Descrizione
0-1	terreno di riporto ciottoli e clasti rocciosi in matrice sabbiosa
1 - 16	ammasso roccioso disarticolato blocchi di calcescisto in matrice sabbioso limosa
16 - 49	ammasso roccioso disarticolato blocchi in matrice argilloso limosa a volte sabbiosa
49 - 52	brecce e frammenti rocciosi alterati in matrice limoso sabbiosa
52 - 57	limo sabbioso con clasti e ciottoli rocciosi sparsi
57 - 61	argilla limosa localmente sabbiosa con brecce e clasti rocciosi poco consistente
61 - 68	livello brecciato roccioso in matrice sabbiosa grossolana
68 - 90	argilla limosa localmente sabbiosa fine poco consistente con brecce e clasti rocciosi
> 90	ammasso roccioso brecciato alterato e/o sfatto di calcescisto

5 Sistemi di controllo

5.1 Dati di monitoraggio

Nel periodo a partire dai primi anni ottanta fino ad oggi sul sito sono state effettuate diverse indagini di approfondimento per la ricostruzione delle condizioni di stabilità del versante. Parallelamente a queste indagini si è venuta a creare complessa una rete di monitoraggio costituita principalmente da inclinometri e piezometri. I primi inclinometri, sono stati installati inizialmente con ubicazione prossima al centro abitato, se non addirittura all'interno dello stesso; successivamente la necessità di conoscere il problema nella sua interezza ha portato ad ampliare la zona monitorata, posizionando strumenti anche in settori ineditati al di sopra del centro abitato.

Tabella 5.1 - Inclinometri attualmente non attivi. I nomi degli strumenti riportati corrispondono all'anagrafica originale.

inclinometro	prof (m)	data esecuzione sondaggio	ultima lettura disponibile	cause del mancato funzionamento
S101	-38.0	1980	13/10/1994	taglio per frana
S102	-29.0	1980	13/10/1994	---
S103	-40.0	giu 1982	06/06/1995	---
S104	-40.0	1983	12/10/1994	---
S112	-45.5	1986	13/10/1994	---
S113	-41.0	1982	13/10/1994	taglio per frana
S114	-39.0	dic 1981	12/10/1994	---
S115	-33.0	dic 1981	30/06/1992	taglio per frana
S120	-40.0	1983	12/10/1994	---
S121	-49.5	1983	12/10/1994	---
S122	-35.0	1983	10/07/1986	distrutto da lavori
S131	-48.0	1990	12/10/1994	---
S136	-48.0	1990	02/07/1992	ostruito a -12.5 m

La ricostruzione dell'evoluzione della rete di monitoraggio nel tempo risulta particolarmente complessa, sia per il lungo periodo su cui sono state effettuate le misure sia in considerazione del fatto che diversi soggetti si sono occupati nel tempo della realizzazione e della lettura della strumentazione. Inizialmente le letture sono state effettuate direttamente dalla Regione Piemonte; in seguito il compito fu affidato alla ditta OTR per conto di privati ed infine lasciato ad OTR, ma per conto di Regione Piemonte.

E' infine da sottolineare che nel tempo diversi strumenti sono stati abbandonati, alcuni di essi sono diventati inutilizzabili perché tagliati per frana, altri hanno subito ostruzioni, sono diventati inaccessibili, o sono stati distrutti in seguito ad interventi di vario tipo. In Tabella 5.1 e Figura 5.1 a sinistra viene riportato il quadro degli strumenti non più attivi, mentre in Tabella 5.2 e Figura 5.1 a destra è presente quello degli strumenti ancora attivi. Degli strumenti installati nei primi anni ottanta, attualmente, ne sono rimasti in funzione soltanto tre (S1-A, S2-S2B, I).

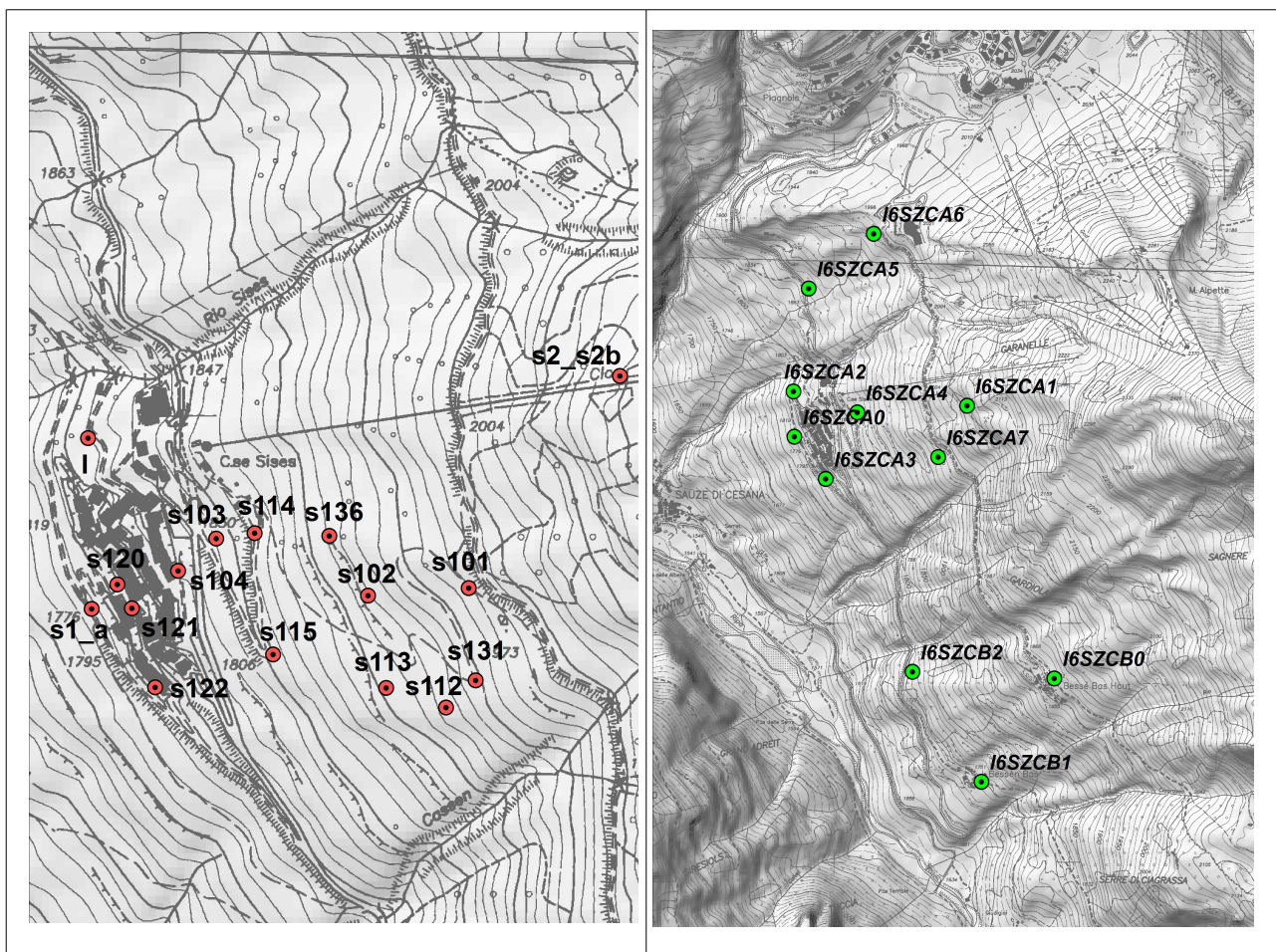


Figura 5.1: Cartografia con ubicazione degli inclinometri, a sinistra inclinometri attualmente non attivi, a destra inclinometri attualmente attivi

Al fine di ottenere un quadro generale dei movimenti del fenomeno, nell'ambito del lavoro di tesi svolto da Agazzoni (2008) è stata effettuata l'analisi delle serie di letture inclinometriche disponibili. Per l'analisi sono stati considerati soltanto i dati relativi agli strumenti ancora oggi attivi, dal momento che, per i dati più vecchi non è stato possibile recuperare delle serie storiche di letture affidabili e coerenti. Per la stesura delle tabelle sono stati riportati i parametri di maggiormente significativi, ovvero:

- la profondità di installazione dello strumento [m];
- le profondità alle quali è stato riscontrato il movimento [m];
- il periodo in cui lo strumento è stato in funzione ed in cui sono state effettuate le misure;
- lo spostamento in testa tubo [mm] (cumulata);
- lo spostamento relativo alla profondità di movimento [mm] (spostamento dall'origine);
- la velocità del movimento [mm/y];
- la direzione lungo la quale avviene il movimento [°] (azimut);
- il Recupero Percentuale Modificato [%] (RQD);
- la stratigrafia semplificata del sondaggio.

Tabella 5.2 - Inclinatori attualmente attivi. I nomi degli strumenti riportati corrispondono all'anagrafica originale; tra parentesi viene indicato il codice di identificazione univoco presente nel SIGeo.

inclinometro	prof (m)	data esecuzione sondaggio	lettura di origine	note
S1-A (I6SZCA0)	-54.0	giu 1982	mar 1989	2003: rottura a -49.0m
S2-S2B (I6SZCA1)	-71.5	lug 1982	set 1989	---
I (I6SZCA2)	-57.5	ott 1999	ott 1999	2006: piegamento pozzetto
I1-S1 (I6SZCA3)	-88.5	---	lug 2004	2007: dotato di SIA (Sistema Inclinatorico Automatico)
IGS6 (I6SZCA4)	-118.0	---	ott 2005	---
IGS7 (I6SZCA5)	-121.0	---	nov 2005	---
IGS9 (I6SZCA6)	-51.5	---	nov 2005	---
IGS10 (I6SZCA7)	-106.0	---	nov 2005	2005: inserimento sonde fisse a -49.5m e -68.0m
S1 (I6SZCB0)	-80.0	---	mag 2000	---
IGS3(I6SZCB1)	-90.0	---	ott 2005	---
IGS5 (I6SZCB2)	-91.0	---	ott 2005	---

In Tabella 5.4 sono riportati i codici degli strumenti presi in esame ed alcune loro caratteristiche di base. È necessario notare la ripetizione dello strumento I6SZCA0 per evidenziare due differenti periodi nelle letture dell'inclinometro. Lo strumento ha subito infatti un taglio alla profondità di 49 metri, le misure successive al maggio 2003 sono comunque state effettuate utilizzando come fondo foro tale profondità in modo da evidenziare eventuali movimenti al di sopra di tale progressiva. Le letture così registrate non possono però essere comparate con quelle precedenti il 2003 ed hanno valore puramente qualitativo. Nell'analisi sono stati considerati sia inclinometri presenti nella zona di Grange Sises, ovvero quella di maggiore interesse, sia quelli posizionati nella zona più a sud, ovvero nelle località di Bessen Haut e Bessen Bas, in modo tale da avere una visione più completa della situazione. Le informazioni riportate sono aggiornate all'ultima lettura disponibile, corrispondente a luglio 2008.

Tabella 5.3 - Riassunto delle principali caratteristiche degli inclinometri analizzati; in grigio sono stati evidenziati gli inclinometri le cui letture sono state ritenute non significative.

codice	prof (m)	data installazione	data ultima lettura	n° mesi
I6SZCA0	-54.0	mar 1989	mag 2003	170
I6SZCA0	-54.0	mar 1989 (mag 2003) ¹	lug 2008	62
I6SZCA1	-71.5	set 1989	lug 2008	---
I6SZCA2	-57.5	ott 1999	lug 2008	105
I6SZCA3	-88.5	lug 2004	lug 2008	48
I6SZCA4	-118.0	ott 2005	lug 2008	33
I6SZCA5	-121.0	nov 2005	lug 2008	32

¹ La data tra parentesi fa riferimento alla data di taglio per frana dello strumento, tale data viene presa fittiziamente come nuova origine ed il fondo foro viene posto a 49m di profondità.

I6SZCA6	-51.5	nov 2005	lug 2008	32
I6SZCA7	-106.0	nov 2005	lug 2008	32
I6SZCB0	-80.0	mag 2000	lug 2008	98
I6SZCB1	-90.0	ott 2005	lug 2008	33
I6SZCB2	-19.0	ott 2005	lug 2008	33

Grazie all'analisi dei dati inclinometrici sui singoli strumenti effettuata nei paragrafi precedenti è possibile ricostruire il quadro complessivo dei movimenti del versante. Vista la presenza di movimenti a diverse profondità sono stati riportati sia i valori di movimento cumulato in testa tubo (Figura 5.4), indicativi delle velocità di spostamento superficiale, sia i movimenti in profondità (Figura 5.5). Nel secondo caso si è fatto riferimento alla velocità di movimento in corrispondenza della superficie ritenuta più significativa. Eventuali altre superfici di movimento sono state riportate tra parentesi (Tabella 5.4).

Tabella 5.4 - Riepilogo delle principali informazioni degli inclinometri presi in considerazione per l'analisi del fenomeno.

	codice	movimenti superficiali			movimenti profondi		
		cumulata (mm)	azimut (°)	vel (mm/y)	profondità movimento (m)	azimut (°)	vel (mm/y)
Grange Sises	I6SZCA0	117.0	250	8.3	(-24.0); (-35.0); -50.0	250	6.7
	I6SZCA0	50.0	270	9.7	-24.0	270	9.7
	I6SZCA1	---	---	non significativo	---	---	non significativo
	I6SZCA2	205.0	280	23,4	---	---	---
	I6SZCA3	35.0	210	8.8	-35	235	6.25
	I6SZCA4	23.5	270	8.5	-30.0; (-50.0?)	270	5.45
	I6SZCA5	36.0	280	13.5	-15.0; (-62.0/-65.0)	225	10.31
I6SZCA6	13.0	---	non significativo	---	---	non significativo	
I6SZCA7	22.0	225	8.3	-20.0; (-25.5); (-35.5)	225	8.1	
Bessen Haut / Bas	I6SZCB0	119.0	250	14.6	-70.0	250	9.6
	I6SZCB1	21.0	210	7.6	-40.0	250	8.4
	I6SZCB2	24.0	non significativo	8.7	(-19.0)	non significativo	6.2

I valori superficiali indicano velocità di spostamento comprese tra gli 8 mm/y e i 23 mm/y, con direzione di spostamento che risente della topografia locale. In particolare è da evidenziare che l'inclinometro I6SZCA2 riporta valori particolarmente elevati rispetto agli altri strumenti. Questo è da ascrivere alla presenza di un movimento puramente superficiale (con profondità inferiori ai 2.5m dal piano campagna), legato all'azione di richiamo di materiale per approfondimento del Rio Merdarello. I dati di movimento in profondità evidenziano, nella zona di Grange Sises, un fenomeno caratterizzato dalla presenza di superfici multiple di movimento, con profondità comprese tra i 15 e i 50m. E' possibile che esistano superfici di movimento più profonde ma le letture a tali profondità sono di dubbia interpretazione a causa dei modesti valori di

deformazione registrati; le letture più profonde sono infatti successive al 2005. Le direzioni di movimento in profondità si attestano su valori di circa 250° rispetto al nord e risultano coerenti con la direzione media del versante, non risentendo delle condizioni topografiche locali. Per la zona di Bessen Haut/Bas le velocità di spostamento superficiale sono di circa 13 mm/anno con direzione media coerente con le condizioni topografiche locali. In profondità è visibile un'unica superficie di spostamento ben definita, che in corrispondenza dell'inclinometro I6SZCB0 raggiunge la profondità di 70m e in corrispondenza di I6SZCB1 si attesta su profondità di 40m. I valori di spostamento profondo sono di circa 9 mm/anno con direzione media di 250° rispetto al nord. Il confronto tra i dati inclinometrici e le stratigrafie ha messo in evidenza che: spesso le superfici di movimento sono in corrispondenza di zone con caratteristiche geotecniche scadenti; questa non è una considerazione sempre valida.

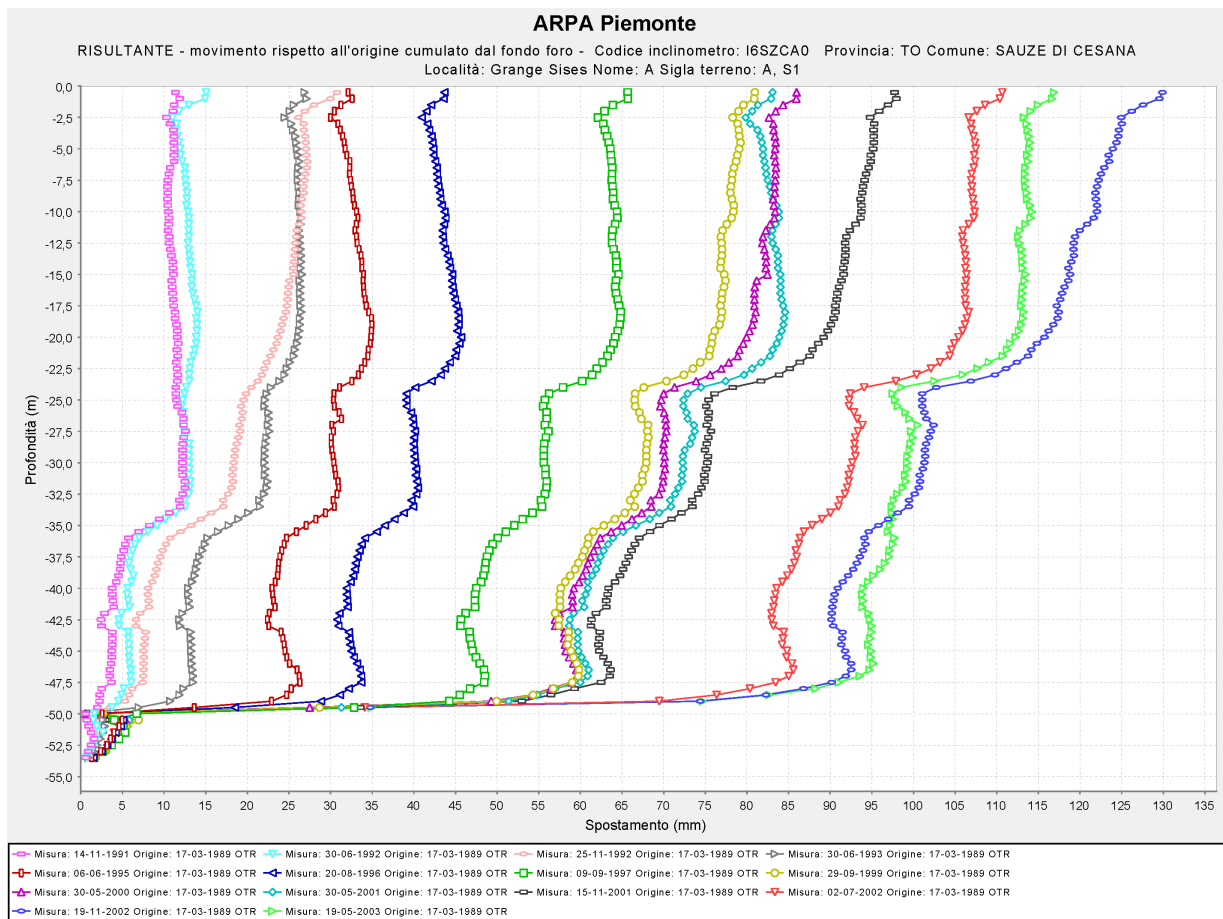
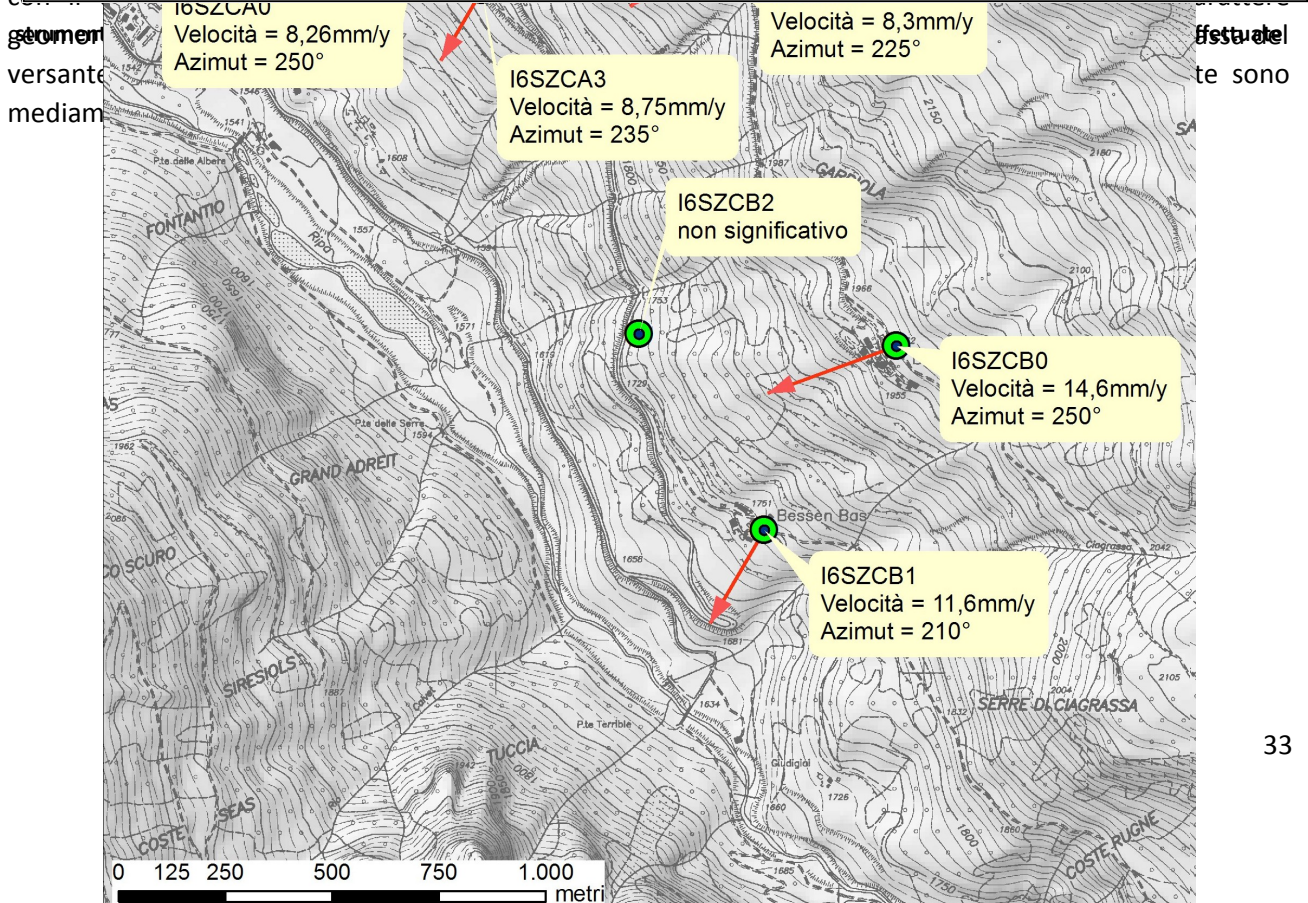
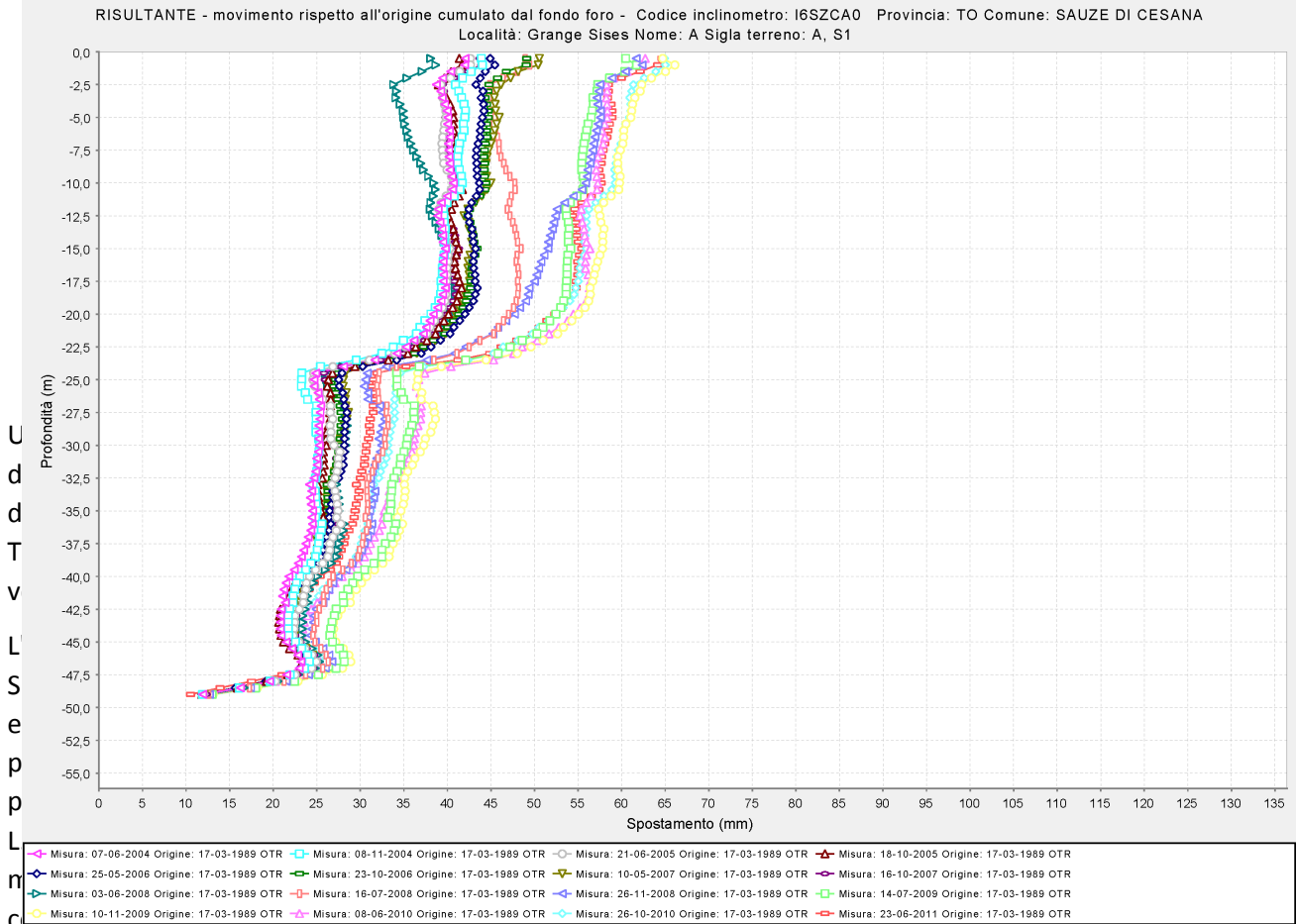


Figura 5.2: Curva della cumulata degli spostamenti per l'inclinometro I6SZCA0. I dati sono relativi al periodo 1989-2003. Lo strumento ha subito nel 2003 un taglio alla profondità di 49 metri.

Figura 5.3: Curva della cumulata degli spostamenti per l'inclinometro I6SZCA0. I dati sono relativi al periodo 2004-2011. Lo ARPA Piemonte



SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento
Comune di Sauze di Cesana, località Grange Sises

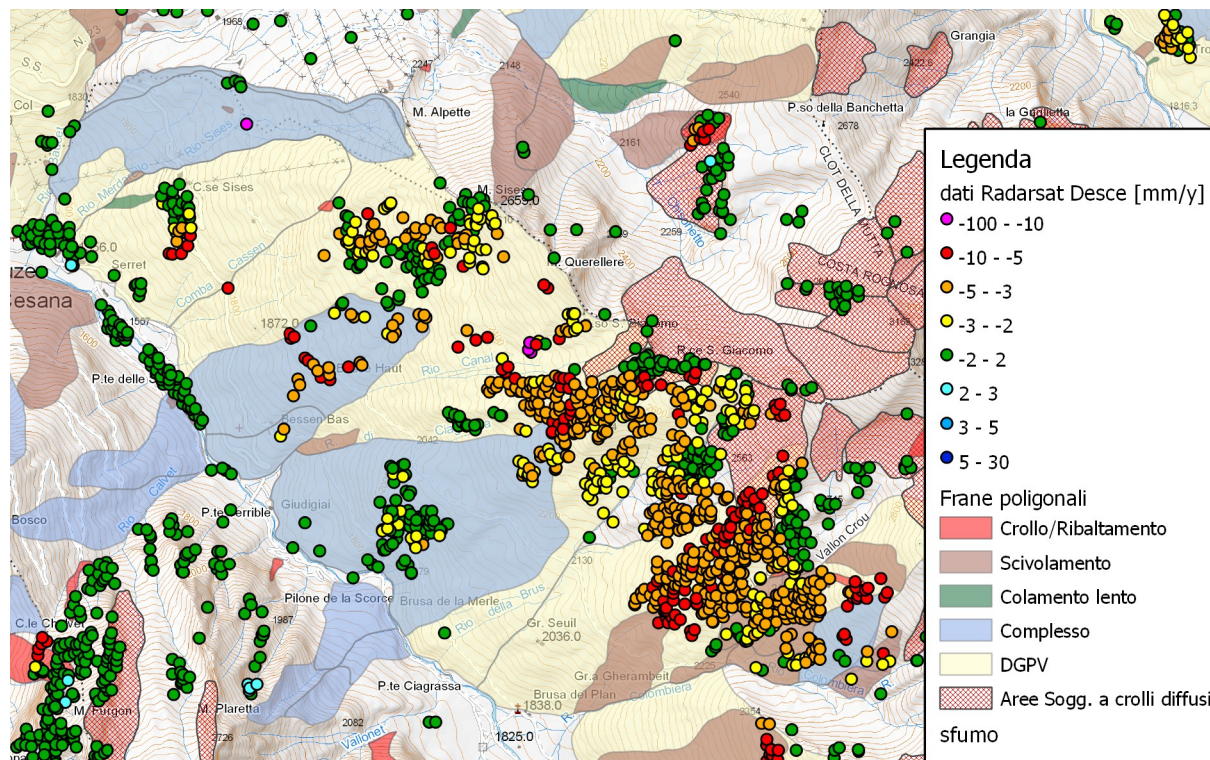


Figura 5.6: Dati derivanti dall'analisi SqueeSAR dataset discendente, immagine RADARSAT.

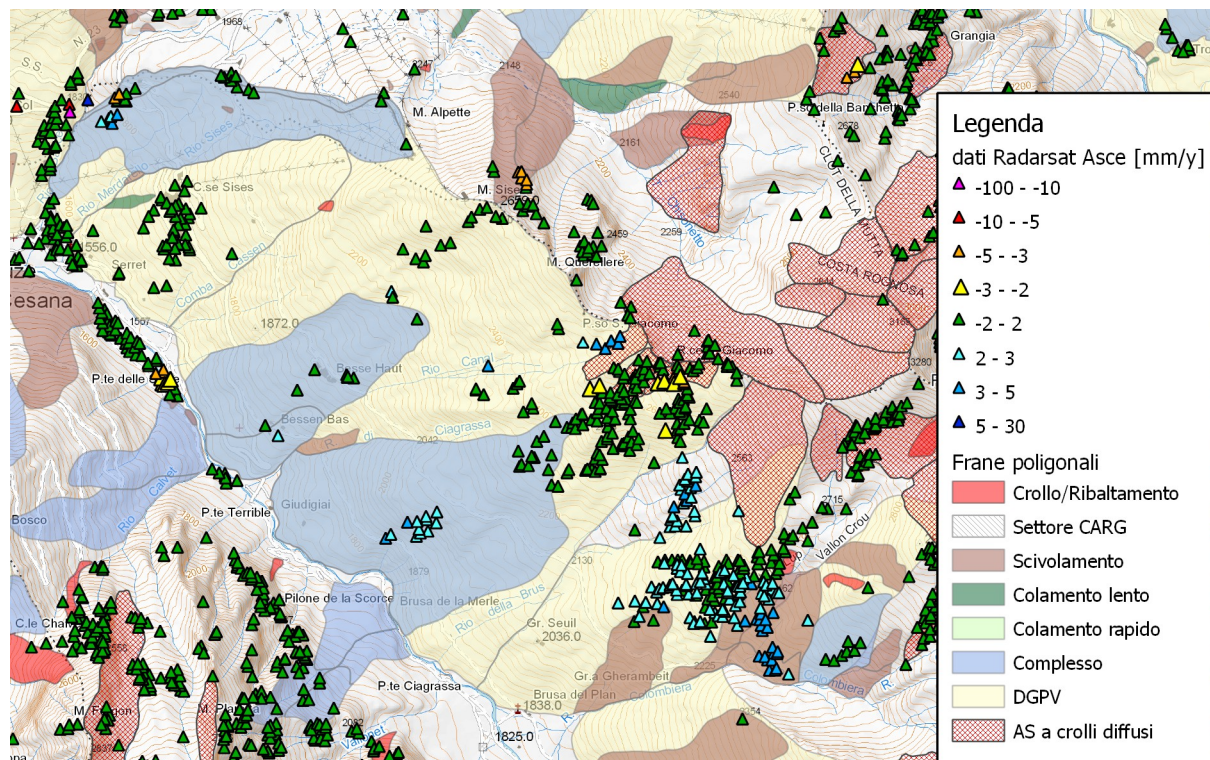
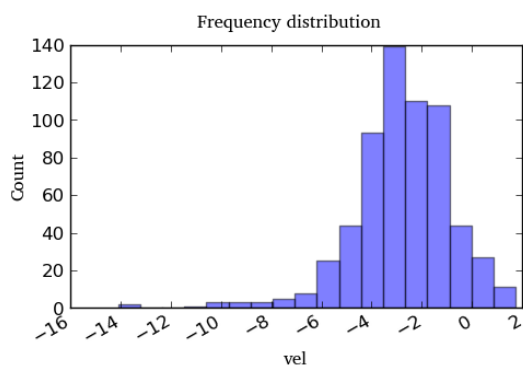


Figura 5.7: Dati derivanti dall'analisi SqueeSAR dataset ascendente, immagine RADARSAT..



Count:636

Minimum value:-14.09

Maximum value:1.73

Mean value:-2.8

Median value:-2.75

Standard deviation:1.9

Figura 5.8: A sinistra, distribuzione delle velocità di spostamento lungo la LOS per i PS contenuti all'interno della geometria in frana. Dati Radarsat geometria ascendente, analisi locale; a destra geometria ascendente, analisi standard

Settore 1 (Parte alta del versante): In questa zona i PS sono rappresentati per la quasi totalità da detrito di versante, salvo nei casi, generalmente più rari, in cui i riflettori corrispondono a strutture come le stazioni di arrivo degli impianti di risalita. La densità dei PS non è molto elevata perché la zona presenta una discreta copertura erbosa, fa eccezione la località di Piano San Giacomo dove è presente un esteso accumulo detritico a grossi blocchi. Le velocità registrate sono piuttosto eterogenee e oltre al movimento della DGPV esse sono da attribuire anche al movimento del detrito per fenomeni più superficiali (Figura 5.9). Interessante è la situazione in località Piano San Giacomo dove l'accumulo detritico si presenta stabile nella parte alta in prossimità della linea spartiacque, mentre ha velocità crescenti ($V_{los} - 4 \text{ mm/y}$; $V_{slope} - 7,7 \text{ mm/y}$) man mano che si procede verso valle. In particolare in prossimità della zona della nicchia di un fenomeno complesso si ha un'ulteriore accelerazione del movimento ($V_{los} - 7 \text{ mm/y}$, $V_{slope} - 12 \text{ mm/y}$). Nel settore 1 non sono presenti strumenti di misura che permettano un confronto con il dato PS.

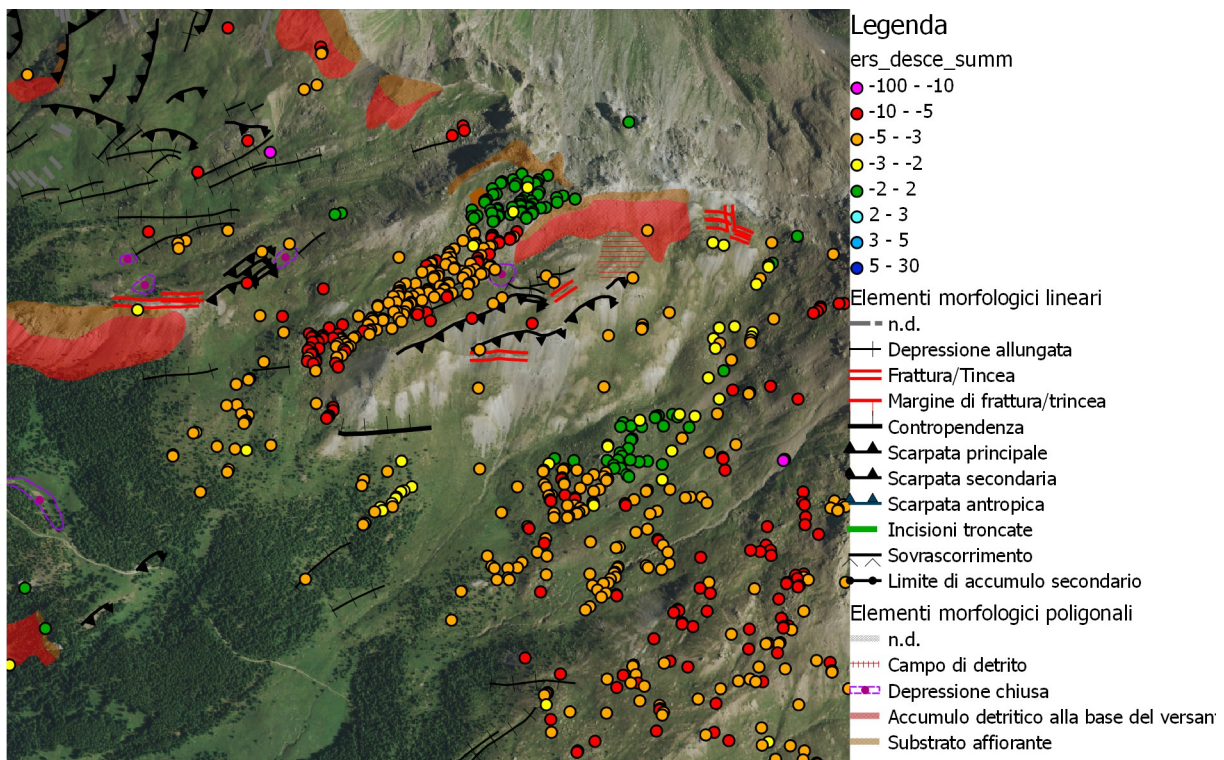


Figura 5.9: Dettaglio dei dati PSInSAR™ relativi alla zona di Piano San Giacomo. Sono riportati anche i principali elementi morfologici estratti dal SIFrap.

Settore 1b (Grange Sises): I PS corrispondono essenzialmente agli edifici di località Grange Sises (Figura 5.10). In corrispondenza dell'abitato di Grange Sises le velocità registrate mediante i PS sono sostanzialmente in ottimo accordo con i dati inclinometrici. Le velocità tendono ad essere maggiori nel settore SE del paese ($5 \text{ mm/y } V_{los} - 8-10 \text{ m/y } V_{slope}$) ed anche poco più ad Est del concentrico è presente una zona con movimenti piuttosto elevati (fino a $15 \text{ mm/y} - V_{slope}$) in accordo con alcuni inclinometri tranciati indice di movimenti consistenti (Agazzoni, 2008). L'inclinometro I6SZCA6 indica velocità di movimento più elevate, ma solo di carattere superficiale, mentre i PS presenti nell'intorno hanno registrato movimenti più limitati ($-3 \text{ mm/y } V_{los}$; $-5 \text{ mm/y } V_{slope}$). Se a livello puntuale fra PS e inclinometri si

possono rilevare alcune differenze (Vedi Tabella 5.5), a livello generale si osserva una buona concordanza dei dati. Nel complesso gli inclinometri indicano un movimento per il concentrico dei Grange Sises tra gli 8 e i 9 mm/y. Le velocità medie dei PS sono di 4,6 mm/y lungo LOS e di 8 mm/y se proiettate lungo il pendio.

Tabella 5.5 - Dati inclinometrici e PS a Grange Sises e della zona soggetta a colamento lento – frana complessa a NW di Rio Sises

Codice	Data installazione	VEL Incl. mm/y	Vlos PS mm/y	Vslope PS mm/y	NOTE
I6SZCA0	28-06-1982	8,30	-3 / -4	-6 / -7	
I6SZCA1	15-07-1982	1,00	-2 / -3	-4 / -5	(PS più vicino a 115 m)
I6SZCA2	01-10-1999	23,40	-2 / -3	-4 / -5	Movimento superficiale
I6SZCA3	18-06-2004	8,80	-4 / -7	-8 / -12	
I6SZCA4	28-09-2005	8,50	0 / -5	0 / -10	È presente un unico PS che non presenta movimenti
I6SZCA7	17-10-2005	8,30	-8	-15	Il PS si trova su una scarpata distante più di 120 m
I6SZCA5	12-11-2005	13,50	-7 / 20	-14 / -40	(PS più vicino a 200 m)

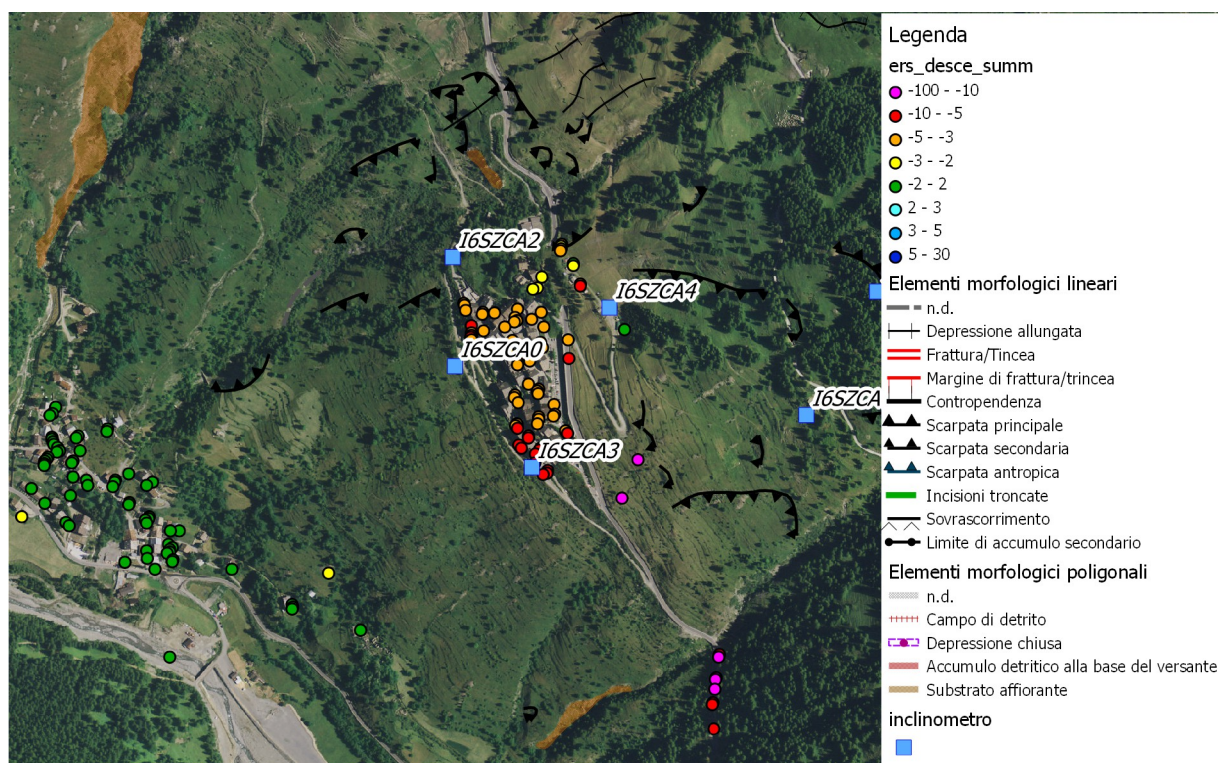


Figura 5.10: Dettaglio dei dati PSInSAR relativi alla zona dell'abitato di Grange Sises. Sono riportati anche i principali elementi morfologici estratti dal SIFrap.

Settore 2 (Rio Merdarello) : In questo settore i dati PS sono molto scarso per via della mancanza di bersagli. Sono presenti effettivamente solo due PS (rappresentati da detrito di versante) a notevole distanza dall'inclinometro I6SZCA5 che registra una velocità di 13,5 mm/y. I confronti puramente indicativi e quantitativi mostrano velocità elevate (Vlos -6 e -20 mm/y; VSlope: - 4 e 40 mm/y) . Un ulteriore confronto tra dati di monitoraggio da terra e da satellite può essere fatto in prossimità in corrispondenza dell'inclinometro I6SZCA6 presso l'Hotel Principi di Piemonte: -Velocità di 4,8 mm/y PS più prossimo O1M6N (Pragelato Summer) : Vlos : -2,87 mm/y - VSlope -5.6 mm/y.

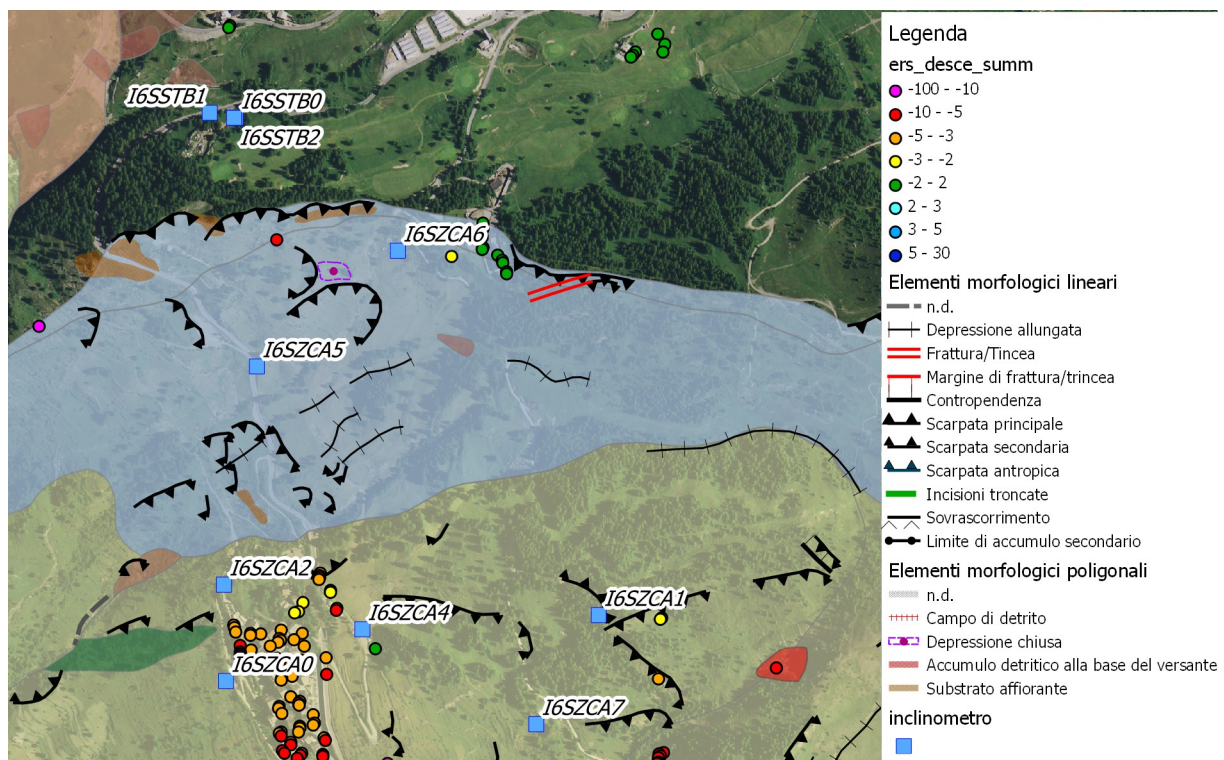


Figura 5.11: Dettaglio dei dati PSInSAR relativi alla zona a valle dell'hotel Principi di Piemonte. Sono riportati anche i principali elementi morfologici estratti dal SIFrap.

Settore 3-4 (Bessen Haute e Bessen Basse) : In questo settore il dato PS mostra le velocità più elevate. I PS si trovano in parte sugli edifici degli abitati di Bessen Haute e Bessen Basse, mentre altri PS corrispondono a muretti di sostegno a lato della strada per Bessen Bas (Figura 5.12). I movimenti specie se proiettati lungo la massima pendenza sono in genere più elevati rispetto a quelli registrati dagli inclinometri , ciò può essere messo in relazione a:

- Diverso periodo di misura (la strumentazione installata è successiva al 2000)
- Ulteriori cedimenti delle strutture che corrispondono a PS (molte case sono abbandonate e gravemente lesionate a Bessen Bas). I PS tuttavia concordano con i rilievi geomorfologici e mostrano i movimenti maggiori nell'area rigonfiata che è delimitata da una scarpata in località Sagnere, a monte di tale scarpata i movimenti sono più limitati.

Tabella 5.6 - Confronto PS - inclinometri nella zona di Besse Haute e Bessen Basse

Codice	Data installazione	VEL Incl mm/y	Vlos PS mm/y	Vslope PS mm/y	NOTE
I6SZCB0	20-04-2000	14,60	- 9 / -10	-18 / -19	Gli edifici sono lesionati e presentano anche tetti in lamiera molto deformati
I6SZCB1	12-10-2005	7,60	-9,5	-28	
I6SZCB2	23-09-2005	8,70	-7	-9	

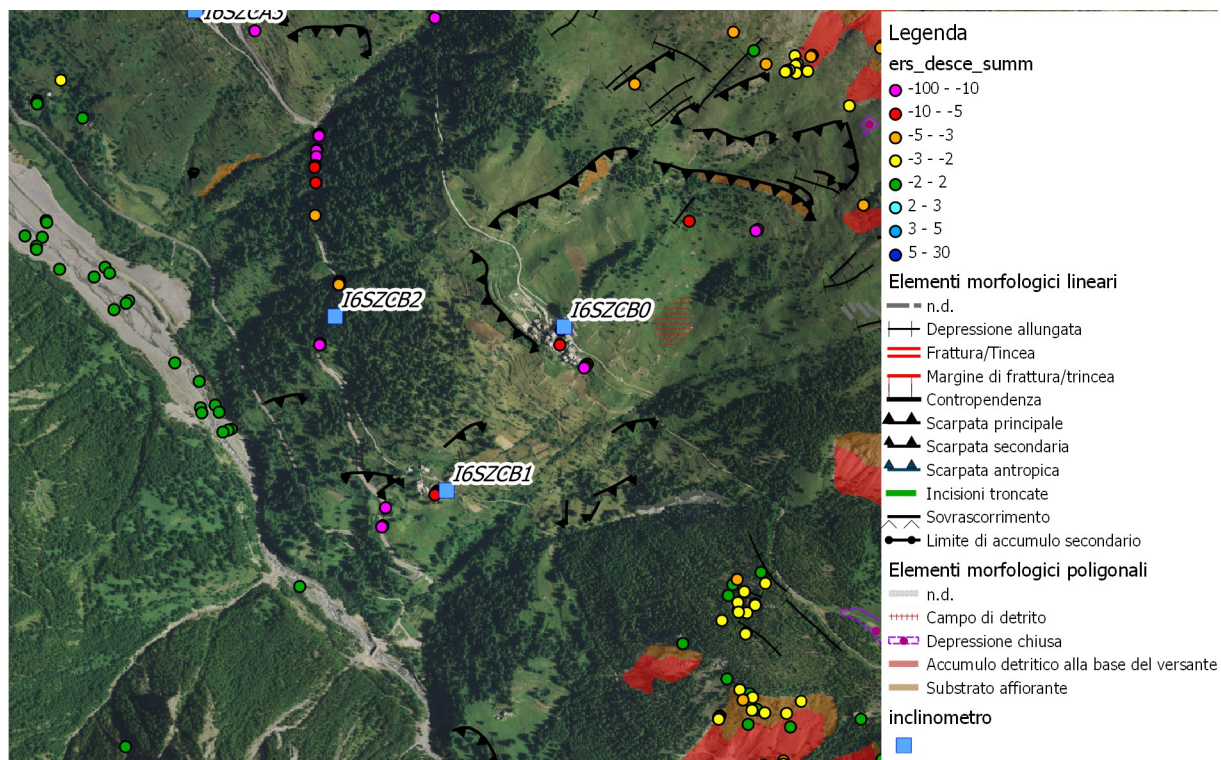


Figura 5.12: Dettaglio dei dati PSInSAR relativi alla zona dell'abitato di Grange Sises. Sono riportati anche i principali elementi morfologici estratti dal SIFrap.

5.3 Considerazioni

La DGPV di Grange Sises si presenta come un sistema di grandi deformazioni di tipo duttile che interessano buona parte del versante destro del t. Ripa a monte di Sauze di Cesana. Si possono individuare diversi settori per caratteristiche geomorfologiche e fenomenologie diverse. In particolare è possibile individuare un settore nella parte alta del versante caratterizzato da evidenze morfologiche quali trench e depressioni allungate e doppie creste seppure non molto marcate e dalla presenza di detrito di versante non molto abbondante. Tale settore in base ai dati PS mostra movimenti che in genere sono piuttosto eterogenei e in genere modesti, anche se con movimenti puntuali a volte elevati. I bersagli PS sono costituiti in genere da detrito di versante. I movimenti registrati dai PS sono attribuibili al sovrapporsi del movimento della DGPV e di quello più superficiale e localizzato del detrito o di processi di soliflusso-geliflusso. I settori di versante sui quali sorgono gli abitati di Grange Sises e Bessen Bas sono caratterizzati da un evidente rigonfiamento morfologico e le stratigrafie mostrano la presenza di uno spessore variabile di sabbie, limi derivanti dalla disgregazione dell'ammasso dei calcescisti che poggiano su calcescisti molto fratturati. In questo accumulo in base ai dati inclinometrici a disposizione si sviluppano una serie di superfici di scivolamento, quelle più profonde arrivano al contatto successione limoso-sabbiosa anche a 80 m dal p.c.

La presenza di dati inclinometrici e di edifici ha permesso di fare un confronto incrociato con il dato PS. Il dato PS mostra di avere una buona correlazione quantitativa con il dato inclinometrici. Grazie alla buona condizione di esposizione e inclinazione del pendio rispetto alla L.O.S. (che limita effetti di distorsione dell'algoritmo di trasformazione), si è potuto utilizzare, per il confronto con gli inclinometri, il dato PS proiettato lungo la linea di massima pendenza del pendio. L'ordine del movimento si attesta tra gli 8 e i 10 mm/y con velocità anche superiori in località Bessen Bas Haute. Il confronto quantitativo mostra velocità comparabili se si considera in particolare la media di un gruppo di PS piuttosto che i singoli valori. Va ricordato che il confronto quantitativo è sempre piuttosto approssimato in quanto le misure fanno riferimento a periodi diversi; inoltre mentre i PS misurano un movimento superficiale, gli inclinometri registrano lo spostamento per lo spessore investigato. Il rilievo dello stato degli edifici ha permesso di comprendere meglio alcune caratteristiche del dato PS e anche di spiegare alcune discrepanze con il dato inclinometrico:

- dove l'edificato è più vecchio con costruzioni in pietra, spesso abbandonate si ha un'amplificazione (o anche una riduzione) del movimento registrato dal PS in quanto al movimento del versante si somma il cedimento dell'edificio-bersaglio stesso;
- Il grado di danno agli edifici non è correlabile alle velocità registrate dai PS, ma dipende dalla tipologia di costruzione e dal grado di manutenzione e dall'interazione struttura-frana. Per settori omogenei e ristretti il movimento complessivo della frana viene descritto meglio dalla media delle velocità dei PS piuttosto che dal valore puntuale perché gli effetti di interazione substrato-edificio sono mediati.

Complessivamente si può affermare che in presenza di DGPV con assetto geomorfologico simile a quella analizzata, orientazione dei versanti favorevole e dato PS sufficientemente ben distribuito (es. DGPV in Val Thuras) si possa considerare il dato interferometrico come uno strumento di misura quantitativo al pari delle misure inclinometriche.

6 Bibliografia

AGAZZONI R. (2008) - *Caratterizzazione geotecnica di un versante in deformazione gravitativa profonda (DGPV) mediante l'analisi del Sistema Informativo Geologico di Arpa Piemonte*. Relazione di Tirocinio – Politecnico di Torino – Facoltà di Ingegneria – Tutor Prof. Monica Barbero – ARPA Piemonte

ARPA PIEMONTE (2003) - *Progetto di integrazione del sistema di controllo del movimento franoso presso la località Grange Sises nel Comune di Sauze di Cesana (TO)*.

BARLA G. (1984) - *Stabilità dei versanti nella Regione Piemonte. Studio interdisciplinare sul sito Grange Sises*, RL. DIS. RM 1010/84, Torino

FORLATI F., BROVERO M., CAMPUS S. (2005) - *Alcune considerazioni sulle deformazioni gravitative profonde di versante inerenti il territorio piemontese*, 2° I.M.Y.R.A.G. - Peveragno Italia

MEISINA C., ZUCCA F., NOTTI D. (2009) - *Approfondimento dell'analisi dei dati PSInSAR in Regione Piemonte. convenzione fra ARPA Piemonte ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia*.