

Specificità e implicazioni applicative dell'evoluzione del fenomeno gravitativo di Cima Bosco (alta Valle di Susa, Alpi Occidentali)

Walter Alberto*, Francesco Carraro, Marco Giardino

Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra, *Autore corrispondente
walter.alberto@unito.it, djurc@tin.it, marco.giardino@unito.it

Specificity and applicative implications of Cima Bosco Complex Landslide evolution (Upper Susa Valley, Western Alps).

ABSTRACT: The Cima Bosco Complex Landslide (CBCL) has been studied in the framework of urban development plan investigation in Cesana Torinese municipality (upper Susa Valley, Western Italian Alps). Detailed geological and geomorphological studies has been collected within related historical and technical data (borehole stratigraphies, inclinometer and piezometric measurements); entire dataset of building damages has been collected. The CBCL is located in fractured calcschists; their schistosity is very pronounced and disposed along slope. Morphological evidences allowed a distinction in landslide evolution between the “major body” (showing typical Deep-seated Gravitational Slope Deformation features) and the “shallow body” characterized by slumps involving CBCL uppermost 10-20 m portion. Field observations and monitoring (by inclinometers and SAR-PS techniques) show slow and non-homogeneous movements (up to 10 cm/year) in the “shallow body”; these superficial deformations are triggered by major scarp backing and by disorderly water circulation in CBCL frontal part.

Key terms: DGSD, Slump, Damage, Western Alps

Termini chiave: DGPV, Frana rotazionale, Danno, Alpi occidentali

Riassunto

Come approfondimento degli studi geologici di supporto al Piano Regolatore di Cesana Torinese (alta Valle di Susa, Piemonte), è stato affrontato lo studio del Fenomeno Gravitativo di Cima Bosco (FGCB), presente sul versante destro della Val Thuràs. Sul settore distale del FGCB sono localizzate alcune frazioni i cui edifici appaiono più o meno profondamente lesionati; i più antichi risalgono al 1700 ma le lesioni interessano anche fabbricati ristrutturati di recente.

Allo scopo di definire il quadro deformativo del versante, il Comune di Cesana Torinese ha commissionato una campagna di analisi di terreno e d'archivio (della quale il presente lavoro rende conto) mirata alla ricerca del maggior numero possibile di informazioni riguardanti la natura, l'evoluzione passata e attuale del FGCB.

In questo ambito è stato svolto un rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio, integrato dai dati storici; sono stati inoltre analizzati gli scarni dati di sottosuolo (sondaggi geognostici, piezometri, inclinometri).

Il FGCB si sviluppa interamente in calcescisti delle Unità Oceaniche Piemontesi; questi presentano una marcata scistosità a franapoggio con inclinazione confrontabile con quella del pendio, questi sono minutamente fratturati e localmente allentati.

Nella ricostruzione dell'evoluzione del FGCB, la sua parte superficiale, costituita da uno spessore variabile (10÷20 m) del substrato roccioso, dalla copertura eluvio-colluviale e da depositi glaciali, ha mostrato un'evoluzione recente ed in atto, indipendente dalla parte più profonda del fenomeno stesso; per quanto riguarda quest'ultima sono stati raccolti elementi che documentano un'evoluzione pregressa tipica delle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante senza però aver rilevato segni di un'evoluzione recente.

Questa parte superficiale è caratterizzata dalla presenza di numerose frane rotazionali che mostrano di essere indipendenti fra loro sia spazialmente che temporalmente.

Nel settore distale del FGCB, dove sono ubicati gli abitati, la rete idrografica superficiale ben sviluppata è caratterizzata dal ripetuto passaggio, all'altezza degli abitati stessi, da un drenaggio superficiale ad uno sub-superficiale.

Numerosi elementi geomorfologici indicano un'evoluzione molto recente ed in qualche caso in atto del fenomeno stesso (depressioni chiuse, cambiamenti dello *skyline*, comparsa di fratture nel terreno, presenza di scarpate che dislocano terrazzamenti artificiali, presenza di un *knick point* nel profilo longitudinale del T. Thuràs.

Le evidenti manifestazioni di mobilitazione recenti ed in atto nello spessore più superficiale del FGCB mostrano di essere imputabili alla diffusa circolazione

disordinata d'acqua e all'arretramento dell'importante scarpata che tronca verso valle il FGCB; le osservazioni di terreno e i dati del monitoraggio (tramite inclinometri e analisi di immagini satellitari con la tecnica del SAR-PS) hanno indicato movimenti disomogenei dell'ordine del cm/anno con punte fino a 10 cm/anno.

La concordanza tra gli elementi deformativi riconosciuti sul terreno (scarpate, nicchie, etc.) e le lesioni degli edifici (fratture con diversa orientazione, apertura, dislocazione) ha confermato il loro rapporto di causa/effetto. Lo stato di abbandono e di mancanza di manutenzione cui gli insediamenti sono stati soggetti a partire dagli anni '60 ha fatto sì che le acque si infiltrassero al di sotto degli edifici innescando frane prevalentemente rotazionali nello spessore più superficiale del FGCB. L'irregolare drenaggio delle acque è evidentemente responsabile anche dell'accelerazione del processo di arretramento della scarpata principale.

1. Introduzione

Come approfondimento degli studi geologici di supporto al Piano Regolatore di Cesana Torinese (alta Valle di Susa, Piemonte), è stato affrontato lo studio del Fenomeno Gravitativo di Cima Bosco (FGCB), presente sul versante destro della Val Thuràs (Figura 1); la manifestazione è stata riconosciuta negli anni '80. La sua

natura di DGPV è provata dalla presenza di tutti gli elementi distintivi di questo tipo di fenomeno: forte allentamento dell'ammasso roccioso congiuntamente però ad una sostanziale conservazione del suo assetto interno, presenza di *trenches* nella parte alta a profilo convesso, conservazione degli accumuli di depositi glaciali e della loro espressione morfologica originaria ancorché più o meno profondamente deformata.

Sul settore distale del FGCB sono presenti alcune frazioni i cui edifici più antichi risalgono al 1700; la maggior parte delle abitazioni, anche di recente ristrutturazione, appaiono più o meno profondamente lesionate.

Allo scopo di definire il quadro deformativo del versante, il Comune di Cesana Torinese ha avviato una campagna di studi geognostici: questa è iniziata con il confronto di immagini satellitari multitemporali (Tele-Rilevamento Europa, 2005). Lo studio ha portato all'elaborazione di un *dataset* di immagini SAR acquisito sull'area di interesse dai satelliti ESA-ERS in modalità discendente. Tale *dataset* è composto da 83 immagini acquisite dal 17 aprile 1992 al 30 dicembre 2002. L'elaborazione con la Tecnica dei *Permanent Scatterers* (PS) effettuata utilizzando l'intero *dataset* ha evidenziato la presenza di un numero ridotto di punti di misura radar.

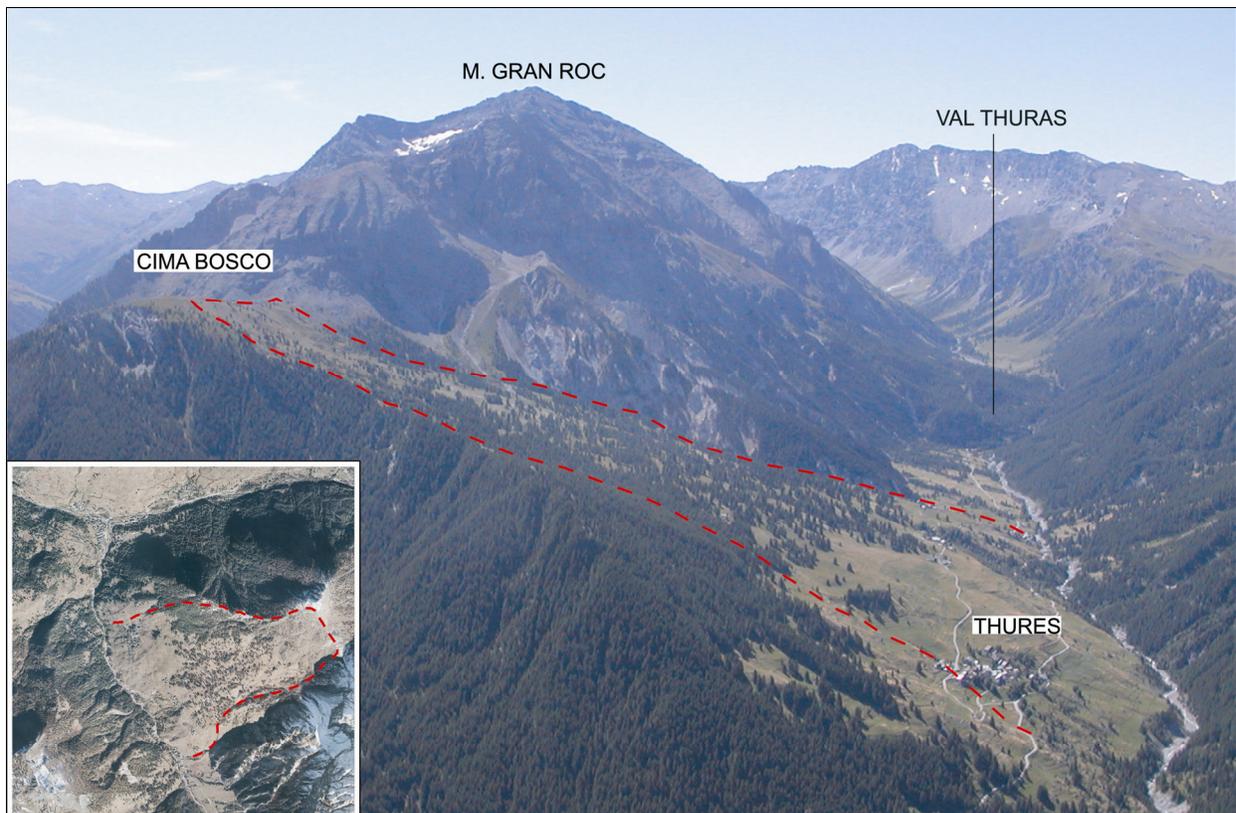


Figura 1: Vista panoramica del Fenomeno Gravitativo di Cima Bosco (FGCB).
Figure 1: Cima Bosco Complex Landslide (CBCL) Panoramic view.

Per di più sono stati evidenziati cambiamenti rilevanti di riflettività nella zona di interesse, probabilmente connessi alla costruzione/rimozione di strutture/edifici. Sebbene non sia stato possibile ricavare l'intera serie storica degli spostamenti nell'arco 1992-2002, ovvero utilizzando l'intero *dataset* dei PS individuati nell'area di Thures indagini approfondite ottenute elaborando indipendentemente dei sottoinsiemi di dati relativi ai periodi: (1) 1995-1997; (2) 1996-1998; (3) 1997-1999, hanno invece evidenziato movimenti rilevanti (almeno per la sensibilità della tecnica utilizzata).

I campi di velocità stimati dai tre *dataset* ha permesso di misurare velocità differenziali superiori a 1 cm/anno lungo la linea di vista sensore-bersaglio. Questo fatto, unitamente alla circostanza che tali valori sono risultati non costanti nel tempo (con un'accelerazione evidenziata nel periodo 1996-1998) hanno permesso di concludere che gli spostamenti della frazione di Thures sono tali da raggiungere i limiti della tecnologia oggi disponibile. In altre parole, la lunghezza d'onda utilizzata dal sensore (di soli pochi centimetri) combinata alla presenza di forti componenti troposferiche e la bassa frequenza temporale delle acquisizioni (comunque inferiore a 9/anno) non permettono misure su bersagli radar soggetti a moti assai non-lineari.

Successivamente l'Amministrazione ha commissionato una campagna di analisi di terreno e d'archivio (della quale il presente lavoro rende conto) mirata alla ricerca del maggior numero possibile di informazioni riguardanti la natura, l'evoluzione passata e attuale del FGCB.

Il rilevamento geologico-geomorfologico di terreno è stato svolto a diversi livelli:

1) un'analisi dell'intero versante volta ad inquadrare il fenomeno nel contesto regionale; il prodotto è una carta geomorfologica "generale" alla scala 1:10.000 (cfr. Figure 2 e 3);

2) un'analisi di dettaglio di ogni singolo abitato, per la definizione del contesto locale; il prodotto è una serie di carte geologico-geomorfologiche alla scala 1:5.000 (cfr. Figura 4);

3) un'analisi comparata del quadro di deformazione superficiale in atto e delle lesioni dei vari edifici; il prodotto è un *set* di schede di censimento degli edifici lesionati (cfr. Figura 5).

Parallelamente sono stati analizzati i seguenti dati pregressi:

- coperture aerofotografiche realizzate in anni diversi (1954, 1964, 1998, 2000);
- cartografia tematica: carte geologiche attuali e storiche; Banca-Dati Geologica della Regione Piemonte; progetto IFFI; PRGC del Comune di Cesana Torinese; Sistema Informativo Valanghe della Provincia di Torino; Catalogo Sismico dell'INGV;
- pubblicazioni scientifiche e risultati di precedenti progetti (tra cui Progetto COFIN 2002 "Analisi delle relazioni fra evoluzione del rilievo, movimenti franosi e cambiamenti climatici nelle Alpi Occidentali");
- basi topografiche attuali e storiche tra cui Tavolette IGM 1:25.000 prima edizione (1880-1882), Carta del Regno d'Italia (1884);
- documentazione storica disponibile dagli archivi comunale e parrocchiale (mappe catastali storiche -1868; cartoline storiche);
- dati di sondaggi geognostici, di piezometri e di inclinometri.

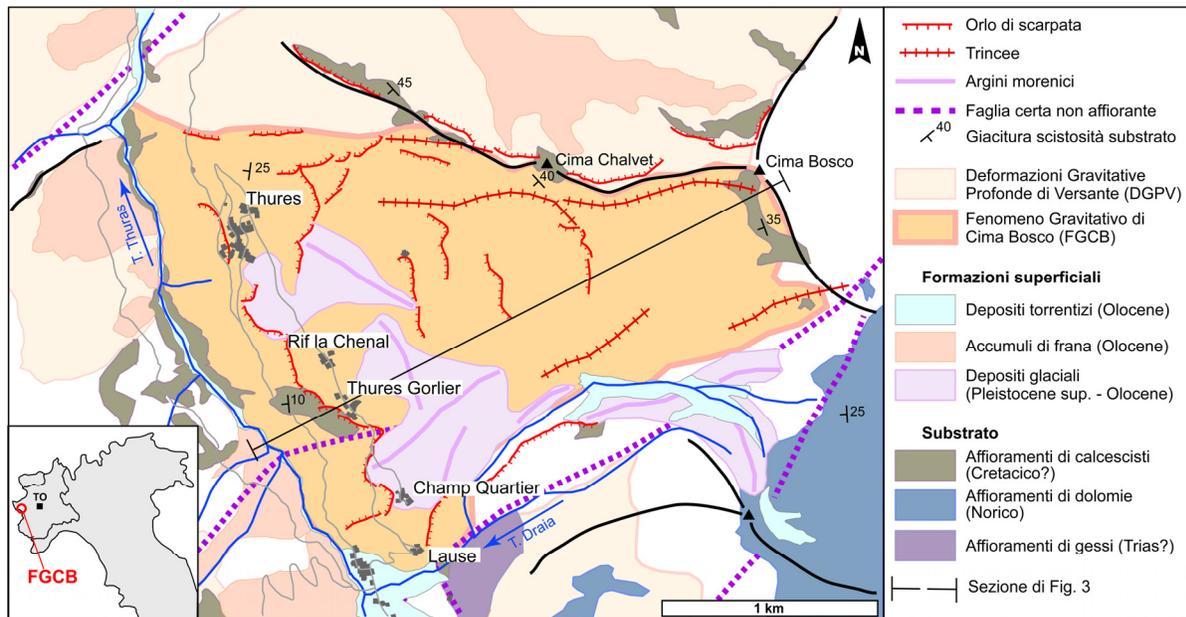


Figura 2: Schema geologico e geomorfologico del FGCB.
Figure 2: CBCL geologic and geomorphologic sketch.

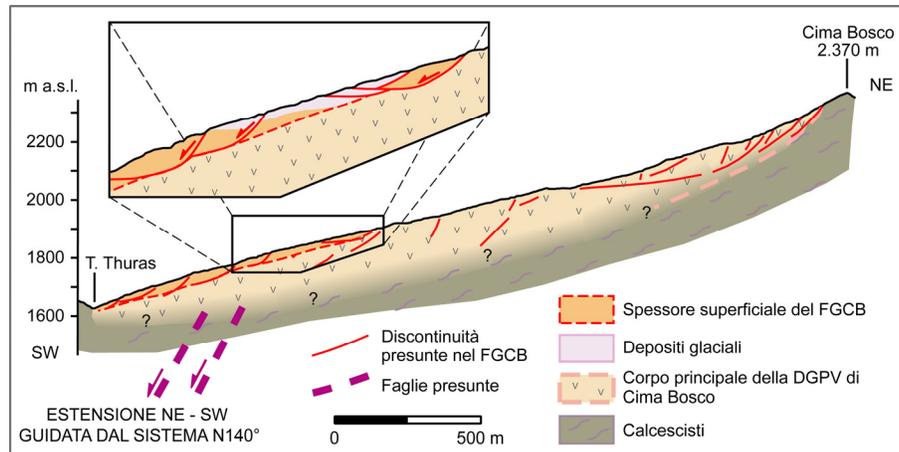


Figura 3: Sezione geologica e geomorfologica del FGCB, la traccia è rappresentata in Figura 2.
 Figure 3: CBCL geologic and geomorphologic cross-section, the trace is located in Figure 2.

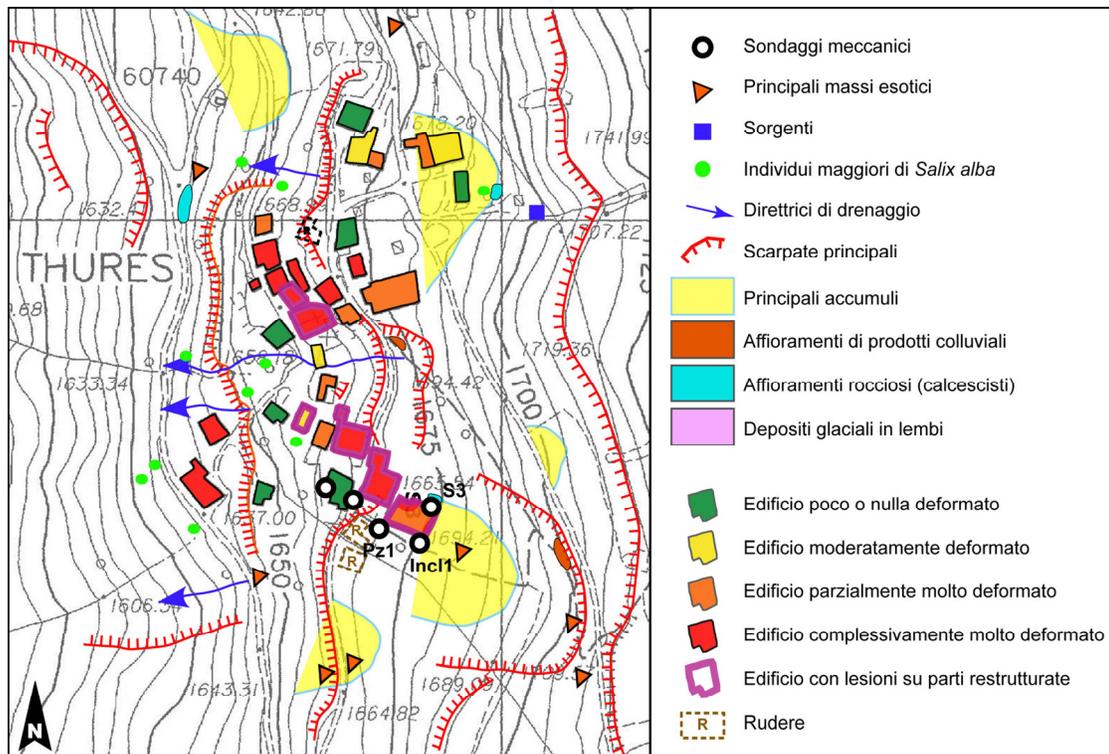


Figura 4: Carta di dettaglio dell'abitato di Thures con indicazione dei danni agli edifici.
 Figure 4: Detailed map of Thures village within building damages classification.

2. Inquadramento geologico

Il FGCB si estende sul versante destro idrografico della Valle di Thuràs (Comune di Cesana Torinese, alta Valle di Susa, TO). La manifestazione copre una superficie di circa 3,7 km², dalla Cima Bosco (m 2.350) al fondo della Valle Thuràs (m 1.650÷1.500). Verso Est è delimitata nettamente dall'incisione del T. Draia, mentre verso Ovest il limite è meno netto con passaggio graduale ai fenomeni gravitativi del versante settentrionale di Cima Bosco.

Nel foglio 823, "Briançon", della *Carte Geologique de la France* alla scala 1:50.000 (Barfèty *et alii*, 1996) e nel foglio 132-152-153, "Bardonecchia", della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Polino *et alii*, 2002) la Val Thuràs appare incisa nelle seguenti unità tettono-metamorfiche, tutte appartenenti al Complesso Pennidico:

- l'Unità a Calcescisti senza Ofioliti, costituita da una potente successione di prevalenti calcescisti;
- l'Unità Oceanica del Lago Nero, costituita da un

substrato di serpentiniti e da una copertura di tipo ligure, caratterizzata da intercalazioni detritiche;

- l'Unità Oceanica dello Chenaillet, formata da un substrato oceanico ben evoluto, priva di coperture sedimentarie e con evoluzione metamorfica alpina pochissimo sviluppata;

- l'Unità Mesozoica di Margine Continentale, costituita da una potente successione dolomitica;

- i gessi: la presenza di queste rocce viene ritenuta responsabile della trasformazione di parte della

successione dolomitica in breccie carbonatiche pliocenico-quadernarie ("pseudocarniole", Alberto *et alii*, 2007) affioranti estesamente a SE del FGCB.

L'edificio alpino locale risulta dalla sovrapposizione per sovrascorrimento a basso angolo dell'Unità Oceanica del Lago Nero sulle Unità a Calcescisti senza Ofioliti, dell'Unità di Margine Continentale Chaberton – Grand Hoche (a Nord) e dell'Unità Oceanica dello Chenaillet (a Sud) su quella del Lago Nero. L'intero edificio è poi dislocato da strutture fragili subverticali orientate N60°E.

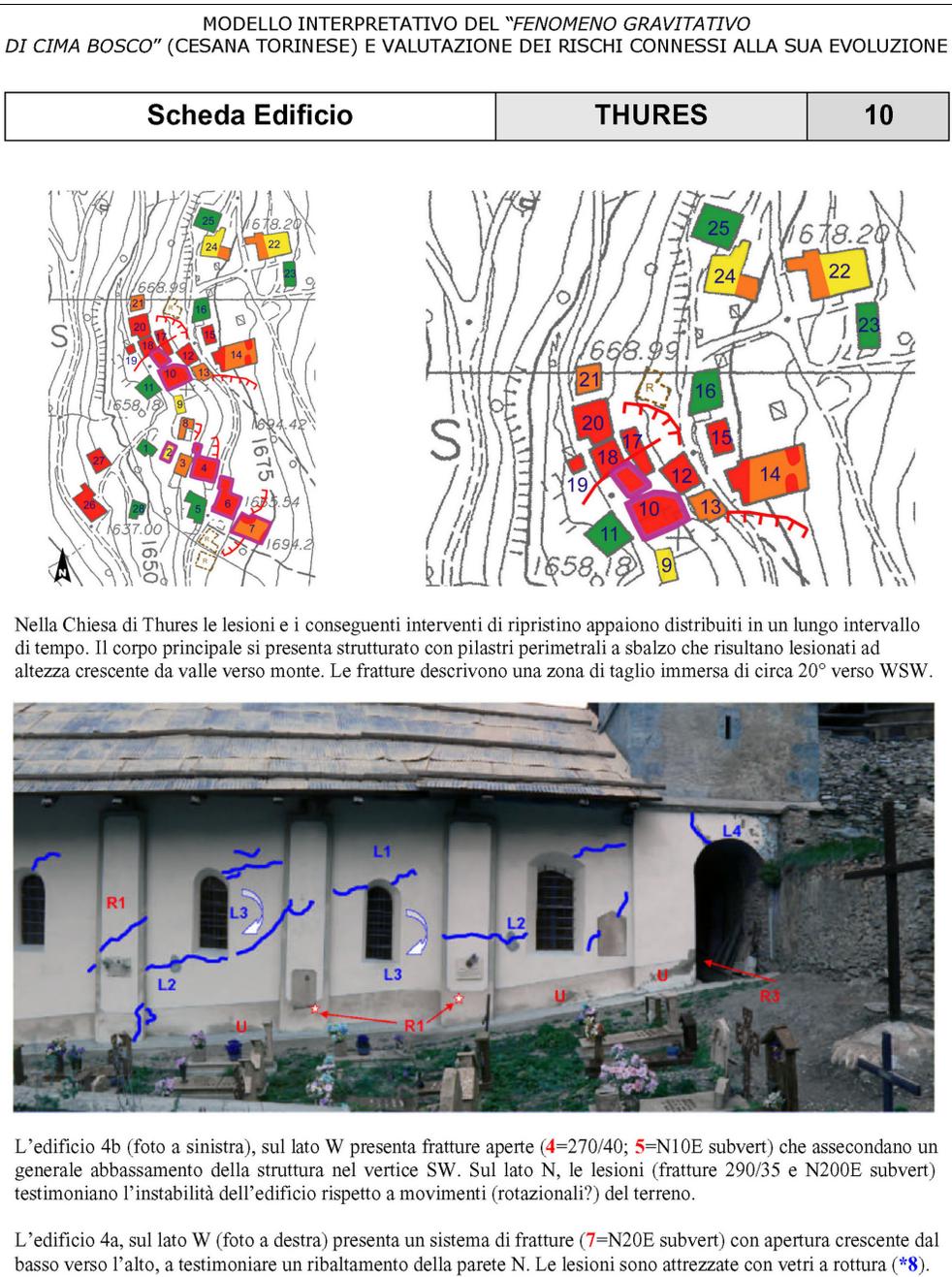


Figura 5: Scheda di censimento dei danni agli edifici: la chiesa di Thures.

Figure 5: Building damages inventory report: the Thures Church.

L'analisi meteorologica ha indicato che negli ultimi cinquant'anni il bacino del torrente Thuràs è stato interessato da numerosi eventi di piena; alcuni hanno interessato l'intero bacino in occasione di importanti eventi alluvionali, mentre altri hanno coinvolto solo alcuni tributari, generalmente in occasione di brevi ma violenti rovesci temporaleschi estivi; quasi sempre in questi ultimi casi l'onda di piena si è poi propagata lungo il corso principale del Thuràs (Tropeano & Turconi, 1999; Polino *et alii*, 2002; Tropeano & Turconi, 2002).

3. Stato delle conoscenze

La prima rappresentazione geologico-cartografica dell'area comprendente il FGCB è contenuta nel Foglio 66, "Cesana Torinese", della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Zaccagna *et alii*, 1911): nel settore in cui si estende il FGCB sono indicate "morene würmiane, postwürmiane e recenti". In seguito la Valle di Thuràs non è stata per lungo tempo oggetto di studi a carattere geologico.

La prima interpretazione del FGCB come fenomeno gravitativo è contenuta in una relazione inedita del CNR-IRPI, Sezione di Torino, di inizio anni '80, nella quale viene definito come "Frana di C. Chalvet" e descritto come un fenomeno di grandi dimensioni interessato da movimenti attuali che hanno prodotto danni alle strutture edificate sul corpo d'accumulo; si ipotizza inoltre che la frana abbia sbarrato la Val Thuràs dando origine a un bacino lacustre.

Una prima rappresentazione cartografica del FGCB è contenuta nella "Banca-Dati Geologica" del Servizio Geologico della Regione Piemonte (ARPA Piemonte, 1990), dove, con una delimitazione approssimativamente simile a quella attribuitale nel presente lavoro, viene descritto come "frana quiescente".

Interpretazione e rappresentazione cartografica sono state riprese negli studi geologici di supporto al PRGC di Cesana Torinese.

Il FGCB viene inserito nell'Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia (progetto IFFI) eseguito da ARPA Piemonte per il territorio regionale nei primi anni 2000 dove viene interpretato come "Deformazione Gravitativa Profonda di Versante" (di seguito DGPV). Il fenomeno

coinvolge l'intero versante sud-occidentale di Cima Bosco estendendosi dalle creste spartiacque fino al fondovalle.

4. Dati di superficie

Il versante occidentale di Cima Bosco (Figura 2) è modellato interamente in calcescisti delle Unità Ofiolitiche; gli affioramenti sono in genere rari, ad esclusione delle aree prossime alla cresta. Ovunque le rocce presentano una scistosità pervasiva immergente verso Ovest con inclinazioni variabili tra 10° e 40°; inoltre i calcescisti mostrano un elevato grado di fratturazione, localmente accompagnata da allentamento e da disarticolazione, in particolare nelle scarpate prossime all'incisione del T. Thuràs. La roccia "sana" è visibile esclusivamente in estesi affioramenti al piede del versante opposto al FGCB. Nel settore settentrionale del FGCB è presente una scarpata (scarpata di Cima Chalvet) che localmente raggiunge un'altezza di 100 m, esposta a Nord che si sviluppa per circa 2 km, in direzione N 110°, nella quale affiorano estesamente i calcescisti.

Nel FGCB sono riconoscibili tre tipi di terreni: *colluvium matrix supported* (spessore sempre < 5 m), sfaticcio di calcescisti e calcescisti fratturati a larghe maglie e allentati, con giacitura variabile da punto a punto, indicativa dell'avvenuta disarticolazione.

Nei settori medio e inferiore è presente una copertura discontinua di depositi glaciali la cui delimitazione e potenza sono difficilmente definibili a causa della scarsità di affioramenti. Sulla base della composizione litologica dei clasti è stato possibile distinguere entro a questi ultimi lembi attribuibili al glacialismo "vallivo", cioè con area di alimentazione nell'alta Val Thuràs dove affiorano calcescisti e pietre verdi, da quelli attribuibili al glacialismo "locale", con l'area di alimentazione nel massiccio dolomitico del Furgon-Gran Roc (Figura 2).

Il versante presenta in grande un profilo concavo nella parte più elevata (al di sopra dei 2.000 m di quota) e profilo nettamente convesso del settore inferiore; verso il fondovalle si osserva un "rigonfiamento" che mostra di aver condizionato in maniera determinante il corso del torrente Thuràs.

Tabella 1: Eventi meteorologici estremi nel bacino della Val Thuràs.
Table 1: Extreme rainfall in the Val Thuràs basin.

Data	Area coinvolta	Tipologia fenomeno
20-21/05/1728	???	
13-14/06/1957	Intero bacino	
13-14/08/1972		
09/06/1978		
23/07/1988		
12/08/1998	Alta valle, versante sinistro	Colate detritiche
13/06/2000	Intero bacino	Piena torrentizia, colate detritiche
13-16/10/2000	Intero bacino	Piena torrentizia, colate detritiche
6/08/2003	Rio Draia	Debris/Mud Flow

Più nel dettaglio, l'intero versante è articolato in una serie di elementi differenziabili in base alla quota: trincee, sdoppiamenti di cresta, scarpate di scivolamento (settore più elevato); depressioni chiuse, rotture di pendenza (settore medio-inferiore).

Nel settore distale del FGCB (al di sotto dei 1.800 m di quota) la morfologia appare articolata in numerose scarpate naturali, spesso di forma arcuata in pianta, e da terrazzamenti artificiali di altezza metrica/decametrica, talvolta difficili da distinguere dalle precedenti; in qualche caso le scarpate si presentano senza copertura erbosa, mostrando così evidenze di evoluzione in atto (materiale instabile, radici stirate). Testimonianze locali hanno indicato alcune scarpate, di altezza metrica ed estensione decametrica, come di neoformazione, nella maggior parte dei casi da mettere in relazione con le precipitazioni recenti più importanti (giugno, ottobre 2000). In occasione di ingenti apporti idrici in superficie (eventi alluvionali, già citati; fusione di cospicui spessori di neve, ad esempio primavera 2001) si sono osservate numerose manifestazioni di attivazione superficiale (apertura di fratture nel terreno, comparsa di scarpate decimetriche/metriche), prevalentemente concentrate nel settore distale, in prossimità dei nuclei abitati e soprattutto fenomeni di colamento/scivolamento al piede del versante, per effetto dello scalzamento operato dal T. Thuràs.

I segni di attivazione pregressa sono stati ricercati nella deformazione dei terrazzamenti artificiali identificabili dal confronto tra la cartografia storica (ad esempio la mappa catastale di Rif La Chenal del 1868) e la situazione attuale; tale deformazione è inoltre confermata dalle testimonianze degli abitanti, indicando la formazione di scarpate alte 2÷3 m in archi temporali di 20÷30 anni (velocità medie di 10 cm/anno).

La parte inferiore del versante mostra un'abbondante presenza di acque superficiali: in particolare numerose sorgenti sono concentrate nei dintorni di Thures Gorlier e Champ Quartier, al di sotto dei 1.900 m di quota; in tale fascia altimetrica, l'abbondanza di acqua superficiale è inoltre sottolineata dalla presenza di numerose piante idrofile (*Salix alba*); sulla base di una stima qualitativa e dal confronto con cartoline d'epoca, è possibile valutare un'età di queste ultime indicativamente non superiore ai 40 anni.

Tale osservazione sembra concordare con l'abbandono della regimazione delle acque superficiali conseguente allo spopolamento degli abitati verificatosi verso la metà del XX secolo.

Come si vedrà in seguito, in base alle evidenze raccolte sull'evoluzione del fenomeno, appare opportuno distinguere al suo interno un "corpo principale", formato dall'ammasso roccioso in condizione di DGPV, da uno "spessore superficiale" costituito, oltre che dalle formazioni di copertura (prodotti eluvio-colluviali, depositi glaciali e depositi alluvionali in piatte conoidi)

dallo spessore più superficiale (primi 10÷20 m) dell'ammasso roccioso.

5. Dati di sottosuolo

I dati di sottosuolo disponibili riguardano solamente due punti, entrambi nella frazione Thures (Figura 4).

Nel primo caso, i sondaggi eseguiti per la realizzazione di micropali hanno raggiunto il "corpo principale" a 5 m di profondità nel settore di monte dell'edificio e a 10 in quello di valle (stratigrafie non disponibili, Geom. Imbalzano, com. pers.); i sondaggi hanno incontrato in entrambi abbondante acqua.

Nel secondo caso sono disponibili le stratigrafie di tre sondaggi effettuati nel 2003 nell'ambito della ristrutturazione di un edificio; nel sondaggio Incl. 1 il "corpo principale" è stato raggiunto a 8 m di profondità; nei sondaggi Pz1 a 13,70 m ed S3 a 2,30 m (Geodes, 2004a, 2004b). Mentre durante l'esecuzione dei sondaggi non viene fatto cenno dell'intercettazione della falda freatica, in occasione delle misure inclinometriche effettuate nel novembre 2006 la falda si trovava tra 2,8 e 5 m di profondità (Geodes, 2006).

6. Analisi di dettaglio della situazione dei singoli abitati

Nel seguito vengono analizzati nel dettaglio la situazione geologico-geomorfologica ed il quadro delle lesioni agli edifici delle diverse frazioni.

6.1 Thures

L'abitato è situato interamente sui prodotti colluviali che rivestono in superficie il FGCB. Oltre alla scarpata principale, che tronca l'ammasso gravitativo immediatamente a valle della frazione, sono presenti scarpate minori di altezza metrica. Alcune di queste, di forma arcuata in pianta, sottendono corpi con forma lunata nell'estremità prossimale, dei quali non è possibile riconoscere la zona di piede (Figura 4).

Sono stati rilevati alcuni affioramenti del "corpo principale" costituiti da calcescisti disarticolati, con giaciture molto variabili. Si sono potuti osservare anche affioramenti nei prodotti colluviali con frammenti di calcescisti, che costituiscono lo spessore più superficiale del FGCB. Qua e là è stata rilevata la presenza in superficie di massi decimetrici di dolomie biancastre, interpretabili come il prodotto della rielaborazione colluviale di depositi glaciali legati al glacialismo vallivo principale.

A monte della borgata è situata una sorgente captata. Dalle analisi chimiche delle acque di questa sorgente, gentilmente fornite dalla Società ACEA, risulta un tenore relativamente basso di solfati (27,8 mg/l).

Nella fascia altimetrica più bassa dell'abitato, tra le quote 1.625 e 1.670 circa, sono presenti numerosi individui di alberi idrofilii (*Salix alba*). Secondo le stime

del Dott. A. Dotta, del Consorzio Forestale Alta Valle di Susa, viene confermata un'età non superiore ai 40 anni per gli individui più vecchi.

Alcuni rami del reticolato idrografico superficiale si infiltrano nel terreno a monte dell'abitato; altri compaiono a valle dello stesso.

Il quadro deformativo degli edifici di Thures si presenta alquanto complesso in termini di tipologia, dimensione, distribuzione ed età delle lesioni (Figura 4).

Per quanto riguarda la tipologia osservata, le lesioni più frequenti sono rappresentate dalle fratture sui muri perimetrali: prevalgono quelle sub-verticali, seguite da quelle poco inclinate, eventualmente associate "a maglia" a formare zone di taglio (Figure 5 e 6). Si registrano pure inclinazioni anomale di solai, pareti, pilastri e canne fumarie. Sono stati rilevati anche serramenti disassati e disarticolati dalle relative aperture per effetto di deformazioni degli edifici (Figure 7 e 8). Collapsi localizzati di solai e tetti sono stati ritenuti indicatori attendibili di deformazione se associati ad altre lesioni dell'edificio.

6.2 Rif La Chenal

Anche la frazione Rif La Chenal è interamente ubicata sulla coltre di prodotti colluviali che riveste in superficie il FGCB. Il ciglio della scarpata che tronca verso il basso l'ammasso gravitativo corre diverse decine di metri a valle dell'abitato: nel settore subpianeggiante immediatamente a monte del ciglio, si osserva una estesa depressione chiusa di forma ellittica; in base a testimonianze raccolte localmente, questa forma si è sensibilmente aumentata nell'arco degli anni. Nella stagione primaverile ed in quella autunnale appare colma d'acqua.

Un piccolo corso d'acqua scaturisce in superficie a Sud delle case; più a monte il drenaggio avviene nel sottosuolo.

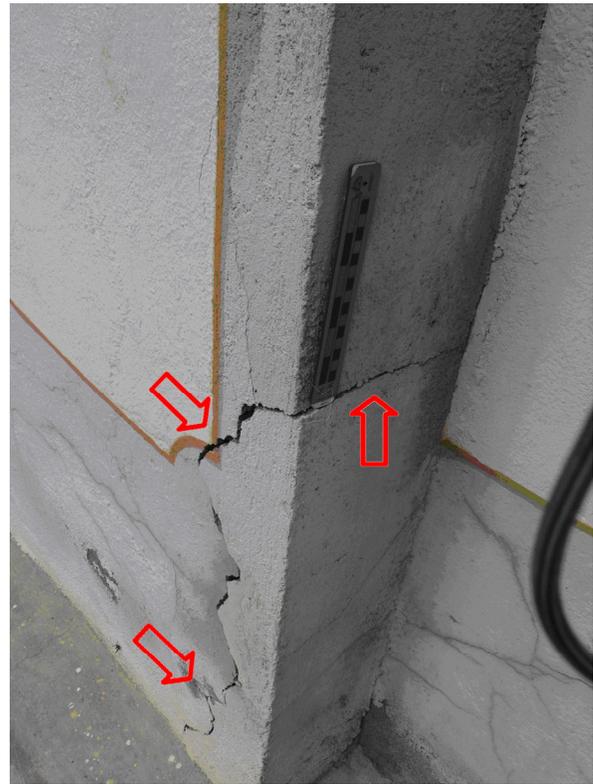


Figura 6: Esempio di danno a un pilastro della chiesa di Thures.
Figure 6: Damage example on a Thures Church pillar.



Figura 7: Esempio di disassamento di un infisso della chiesa di Thures.
Figure 7: Window shift example on the Thures Church.

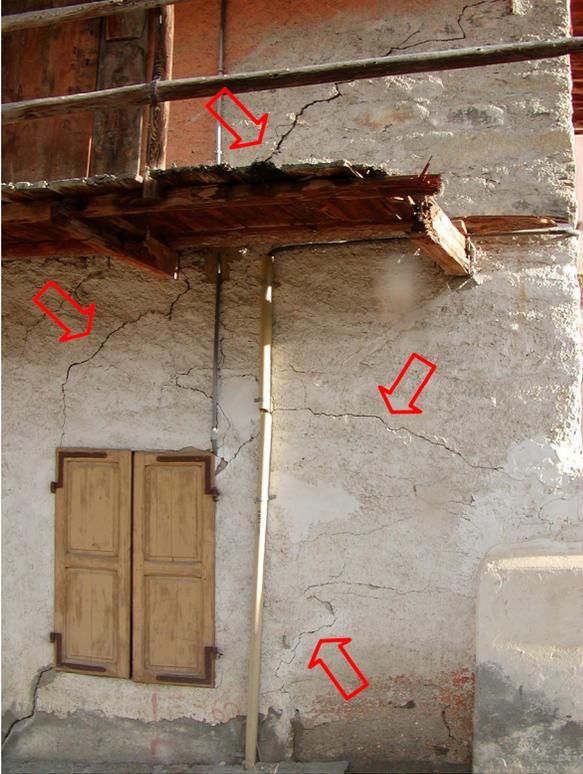


Figura 8: Forte danneggiamento di un edificio nella frazione Thures.

Figure 8: Building hard damage in Thures village.

In superficie vi sono numerosi massi decimetrici che per forma e natura (sono presenti anche pietre verdi) mostrano di derivare dalla rielaborazione di depositi legati al ghiacciaio vallivo principale.

Il quadro deformativo degli edifici della frazione Rif La Chenal è caratterizzato da importanti lesioni concentrate nel settore inferiore dell'abitato, allineate secondo la direzione media N160°.

6.3 Thures Gorlier

Anche questa frazione è interamente ubicata sui prodotti colluviali che coprono in superficie il FGCB. La scarpata che tronca verso valle l'ammasso gravitativo mostra qui segni di particolare vivacità, estendendosi localmente anche a monte della strada per Lause.

La scarpata è stata oggetto recentemente di sistemazione con interventi di ingegneria naturalistica che, a giudizio di chi scrive, appaiono inefficaci: la sistemazione è infatti consistita unicamente in opere di contenimento superficiale mentre il "motore" del dissesto è palesemente l'acqua che circola abbondantemente nel sottosuolo e che emerge in più punti a valle del ciglio della scarpata dove prosperano molti salici.

Diffusi, sulla superficie, sono i massi di dolomia derivati dalla rielaborazione di depositi legati al ghiacciaio locale del Massiccio Furgon-Gran Roc. Scarpate minori di forma arcuata in pianta, oltre a

mostrare un andamento concentrico, appaiono dislocate da ulteriori scarpate più piccole, dell'altezza di 1÷2 m, con andamento trasversale alle precedenti. Da queste ultime appaiono dislocati anche i terrazzamenti artificiali.

La situazione morfologica riconoscibile immediatamente a SE della chiesa lascia supporre la passata presenza di una depressione chiusa.

Numerosi edifici si presentano danneggiati, registrando in qualche caso il collasso di muri perimetrali; sono poi molto frequenti fratture sub-verticali ad orientamento N120° - N140°.

6.4 Champ Quartier

Le case sparse di questa frazione sono ubicate su un esteso lembo di prodotti colluviali derivati dalle rielaborazione ad opera delle acque ruscellanti e dell'evoluzione superficiale del FGCB di depositi glaciali legati al ghiacciaio locale del Massiccio Furgon-Gran Roc: massi di litologie caratteristiche del bacino di quest'ultimo sono riconoscibili un po' dovunque; un esteso affioramento è presente immediatamente a monte dell'abitato. Analogamente a quanto osservato negli altri siti, sono presenti anche in questo settore scarpate di forma arcuata in pianta che sottendono corpi che ne ricalcano la forma, nella parte prossimale, dei quali non è distinguibile quella distale.

Nel tempo sono state osservate dagli abitanti la comparsa e l'evoluzione di diverse fratture del terreno e alcune visibili modificazioni dello skyline in direzione WNW.

A monte dell'abitato è presente una sorgente.

Fra gli edifici di Champ Quartier quelli maggiormente deformati risultano posizionati in prossimità di scarpate di origine gravitativa, ad attività pregressa o iniziale.

6.5 Lause

La frazione Lause è situata in prossimità al margine meridionale del FGCB, dove questo viene in rapporto con l'incisione del T. Draia. La scarpata principale che tronca verso valle il FGCB si trova con il proprio ciglio a ridosso della frazione, verso Sud. Scarpate minori interrompono il versante con andamento parallelo a quello principale. Una piccola scarpata con forma arcuata in pianta è presente subito ad Est del sentiero che scende dalla borgata Champ Quartier. Come nei casi analoghi descritti per le altre località, anche questa sottende un corpo che ha la medesima forma nella sua parte apicale e che non è possibile riconoscere in quella distale. Immediatamente a monte della strada che scende da Lause sono presenti una serie di sorgenti che creano impaludamenti e che determinano la formazione di travertino. A queste cospicue venute d'acqua è legata la presenza di numerosi individui di salice. Queste venute d'acqua finiscono per scaricarsi sul versante rivolto a Sud dove creano dissesti nella coltre superficiale e scalzamento di alberi.

Gli edifici di Lause si presentano nel complesso meno deformati rispetto a quelli delle altre borgate.

7. Idrologia ed Idrogeologia

A differenza delle altre manifestazioni consimili del bacino della Valle di Susa, il FGCB nel suo settore distale presenta una rete idrografica superficiale ben sviluppata, in visibile relazione con una ricca falda freatica. A sostenere questo sistema idrografico non può essere che il “corpo principale”: nonostante l’elevato grado di allentamento e disarticolazione, la sua impermeabilità è garantita dalla abbondante matrice limoso-argillosa, sempre osservabile nei sia pur rari affioramenti. L’alimentazione è, secondo ogni evidenza, superficiale.

La prerogativa del sistema è la ricorrente transizione da un drenaggio superficiale ad uno subsuperficiale, fatto indicativo di condizioni di disequilibrio del sistema stesso.

Rimarchevole il fatto che le acque presentano valori molto bassi della componente solfatica.

8. Cronologia

I rapporti che la manifestazione gravitativa mostra con le forme e con i depositi glaciali legati sia al glacialismo vallivo principale sia al ghiacciaio locale del Massiccio Furgon-Gran Roc, indicano con certezza che i tratti osservabili attualmente sono posteriori all’ultima espansione glaciale locale. Il suo legame con l’evoluzione strutturale regionale suggerisce però che una situazione di rilascio generalizzato del corpo doveva essere presente sia durante il glacialismo che prima.

Diversi sono gli elementi che indicano un’evoluzione molto recente ed in qualche caso in atto del fenomeno stesso:

- la diffusa presenza di depressioni chiuse ed il loro documentato cambiamento di forma e di dimensioni nel tempo;
- i cambiamenti dello *skyline* osservati nella frazione Champ Quartier;
- la comparsa di fratture nel terreno e la loro evoluzione nel tempo osservata dagli abitanti;
- la presenza di scarpate che dislocano i terrazzamenti artificiali;
- la presenza di un *knick point* nel profilo longitudinale del T. Thuràs in corrispondenza al piede del FGCB.

Sul FGCB sono state inoltre recentemente effettuate alcune misure strumentali:

- come già ricordato, il monitoraggio SAR-PS dalla Società TRE di Milano ha riscontrato movimenti rilevanti (superiori a 1 cm/anno); questi non sono meglio quantificabili a causa del ridotto numero di punti di misura radar e dei cambiamenti rilevanti di riflettività, probabilmente connessi alla costruzione/rimozione di strutture/edifici; gli stessi risultano comunque non costanti nel tempo (con un’accelerazione fino a 2,4 cm/anno nel periodo 1996-1998).

- Le misure inclinometriche presso la Frazione Thures

hanno registrato movimenti in atto: Incl.1 (Studio Geodes di Torino), rilevato tra giugno 2004 e nel novembre 2006, ha indicato uno scostamento di circa 5 mm tra -8 m e -2 m (fondo foro a -17 m) verso valle (Geodes, 2006).

9. Interpretazioni

Analizzando il FGCB sotto il profilo della sua evoluzione, appare opportuno distinguere al suo interno un “corpo principale” ed uno “spessore superficiale”. Si vedrà infatti che questi due elementi sono caratterizzati da due tipi diversi di evoluzione: caratterizzato da una evoluzione molto lenta, globale, il primo, soggetto invece a mobilitazioni accelerate e localizzate, separate da settori stabili, il secondo.

9.1 Il corpo principale

Sulla base dei dati raccolti sul terreno, si può affermare con certezza che il FGCB è una DGPV sulla base delle definizioni di Canuti & Casagli (1994) e Cruden & Varnes (1996): lo confermano, la presenza di trenches, soprattutto alle quote più elevate della manifestazione, lo stato di fratturazione a larghe maglie, allentamento e disarticolazione del corpo nei sia pure scarsi affioramenti, il suo profilo assiale tipicamente convesso-concavo.

L’origine di questa manifestazione va ricondotta alla situazione strutturale dell’intero settore alta Valle di Susa - Val Thuràs: una fascia di deformazione tettonica attiva, di estensione plurichilometrica, diretta circa N60°, coinvolge l’intero spartiacque Susa-Chisone e il settore dei Monti della Luna, attraverso la bassa Val Thuràs (Giardino & Polino, 1997; Polino *et alii*, 2002); in tale fascia, le rocce, prevalentemente calcescistose, si presentano intensamente fratturate e disarticolate, condizionando pesantemente la stabilità dei versanti.

La scarpata di Cima Chalvet sembra potersi interpretare come espressione morfologica di una faglia minore di questo sistema, evidenziata dall’evoluzione gravitativa del versante settentrionale di Cima Bosco.

9.2 Lo spessore superficiale

La forma in pianta (grande conoide decapitato) del FGCB è determinata dalla sua porzione più superficiale; questa è costituita soprattutto dai prodotti della sua rielaborazione colluviale, dai depositi glaciali più o meno rielaborati e/o deformati dall’evoluzione superficiale del FGCB stesso e dagli accumuli che il reticolato idrografico ha abbandonato in forma di piatte conoidi in corrispondenza ai livelli di base locali costituiti dalle forme sub-pianeggianti. Oltre a queste formazioni, lo spessore superficiale del FGCB è costituito anche dalla parte prossima alla superficie del “corpo principale”: lo indicano le profondità delle superfici di scivolamento delle frane rotazionali, ubicate sempre nello spessore più superficiale del “corpo principale”: significativo inoltre il fatto che le frane sono per la maggior parte separate da aree stabili. Questi movimenti gravitativi superficiali nel

settore meridionale del FGCB interessano la parte più bassa fino all'incirca al limite inferiore dei depositi glaciali; in quello settentrionale risale invece con andamento arcuato fino a q. 2000 m circa (Figura 9).

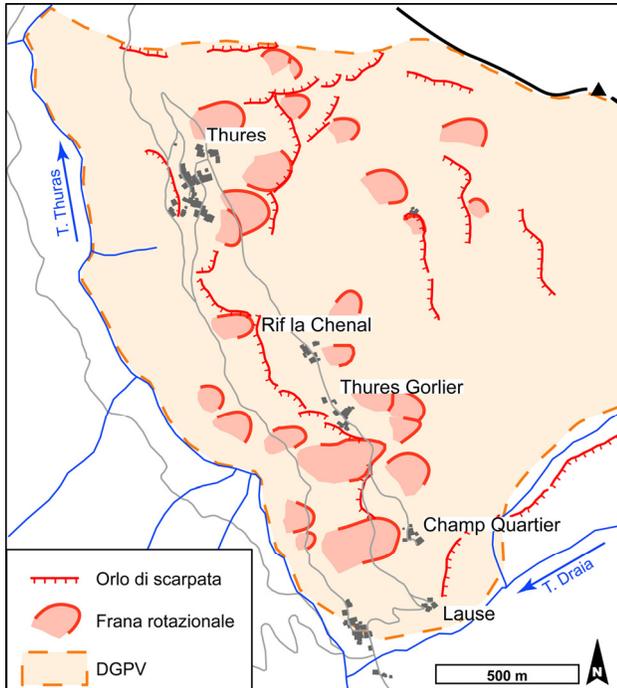


Figura 9: Distribuzione delle frane rotazionali nella parte inferiore del FGCB.

Figure 9: Slumps distribution on CBCL lower part.

9.3 Interpretazione di dettaglio della situazione dei singoli abitati

La distribuzione delle deformazioni superficiali e delle lesioni agli edifici rilevate, esaminata all'interno di ciascun abitato, risulta prevalentemente disomogenea, così come lo sono le caratteristiche geometriche e le indicazioni sui movimenti che se ne possono derivare. Appare comunque possibile interpretare i cinematismi e la dinamica locale del versante considerando che (Figura 10): (1) esiste una continuità fisica fra alcune deformazioni del terreno e alcune lesioni degli edifici; (2) in ogni specifico contesto geomorfologico si rilevano associazioni di lesioni degli edifici caratteristiche; (3) in molti casi si può constatare la coerenza fra lo sviluppo temporale delle lesioni agli edifici e la storia deformativa superficiale del versante.

10. Valutazioni conclusive

Ricordando quanto ripetutamente anticipato, la possibile evoluzione del FGCB va valutata separatamente per il "corpo principale" e per lo "spessore superficiale": le due entità mostrano infatti condizioni evolutive indipendenti.

Non è ragionevolmente prevedibile una possibile evoluzione del "corpo principale" nel suo complesso o per una parte significativa del suo volume, tanto da creare rischi per gli edifici delle varie frazioni. Il possibile collasso complessivo o di gran parte dell'ammasso è impedito dalla presenza di un'altra DGPV sul tratto di versante opposto prospiciente al FGCB.

Assai precaria risulta invece la stabilità dello "spessore superficiale".

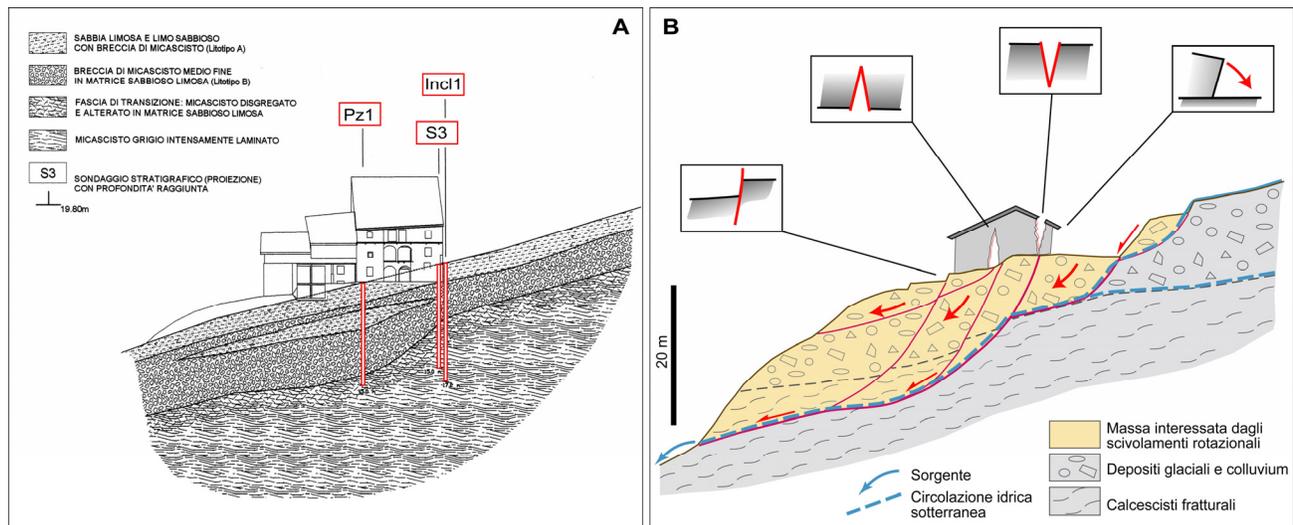


Figura 10: Ricostruzioni dell'assetto superficiale del FGCB: A) sulla base dei dati di sottosuolo disponibili nella frazione di Thures (ubicazione dei sondaggi in Figura 3), modificato da Geodes, 2004a; B) sulla base dei dati raccolti nel presente studio, il modello è applicabile a tutte le frazioni posizionate sull'orlo della scarpata principale.

Figure 10: CBCL shallow setting reconstruction: A) on the basis of boreholes data in Thures village (boreholes location in Figura 3), modified from Geodes, 2004a; B) on the basis of collected data in the present work, the model is applicable to whole villages located close to the main scarp.

Le evidenti manifestazioni di mobilitazione recenti ed in atto mostrano di essere imputabili secondo ogni evidenza a due diversi fattori:

- diffusa circolazione disordinata d'acqua, parte in superficie, parte nell'immediato sottosuolo, e suoi diffusi affioramenti nella parte alta della scarpata principale, che tronca verso valle l'intero FGCB.

- arretramento della scarpata, in relazione con l'approfondimento erosivo del T. Thuràs;

Da informazioni raccolte sul luogo, fino a una quarantina di anni fa la circolazione idrica veniva regimata a monte degli abitati, incanalandola e allontanandola dagli abitati stessi. Lo stato di abbandono e/o di mancanza di manutenzione cui gli insediamenti sono stati soggetti a partire dagli anni '60 ha fatto sì che le acque tornassero a infiltrarsi al di sotto degli edifici destabilizzando il versante e innescando dissesti

gravitativi lenti (prevalentemente di tipo scorrimento rotazionale) nello "spessore superficiale" del FGCB. L'irregolare drenaggio delle acque è evidentemente responsabile anche dell'accelerazione del processo di arretramento della scarpata principale.

Qualsiasi utilizzazione del territorio in prospettiva edilizia non può prescindere quindi da una sistematica, capillare opera di regimazione delle acque superficiali.

Ringraziamenti

Si desidera esprimere la nostra gratitudine all'Amministrazione del Comune di Cesana, che ha reso possibile questo studio; si ringraziano inoltre il Sig. Sergio Bernard ed il geom. Imbalzano per le utili informazioni, e gli Ing. Alberto Morino e Francesco Tresso per la discussione dei risultati.

Lavori citati

- Alberto, W., Carraro, F., Giardino, M. & Tiranti, D., 2007. Genesis and evolution of "pseudocarniole": preliminary data from the Susa Valley (Western Alps). In: Schreiber, B.C., Lugli, S. & Babel, M. (eds) "Evaporites through time and space", Geological Society, London, Special Publications, 285, 129-142.
- ARPA Piemonte, 1990. Banca-dati geologica: <http://gisweb.arpa.piemonte.it/arpagis/index.htm>
- Barfèty, J.C., Lemoine, M., de Graciansky, P.C., Tricart, P. & Mercier, D., 1996. Carte Géologique de la France à 1:50.000 – 823 Briançon. BRGM.
- Canuti, P. & Casagli, N., 1994. Considerazioni sulla valutazione del rischio da frana. Atti Convegno Bologna CNR-GNDCI-Regione Emilia Romagna, pp. 57.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J., 1996. Landslides Types and Processes. In: Turner, A.K. & Schuster, R.L. (Eds.) Landslides: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board Special Report 247. National Academy Press, WA, 36-75.
- Geodes, 2004a. Interventi su una baita in località Thures di Cesana (TO) – Relazione geologico-geotecnica. Relazione inedita.
- Geodes, 2004b. Interventi su una baita in località Thures di Cesana (TO) – Relazione geologico-geotecnica. Rapporto di lettura di zero in data 14 giugno 2004. Relazione inedita.
- Geodes, 2006. Monitoraggio del versante in località Thures di Cesana (To). Lettura 1 dell'inclinometro II. Relazione inedita
- Giardino, M. & Polino, R., 1997. Le deformazioni di versante nell'alta Valle di Susa: risposta pellicolare dell'evoluzione tettonica recente. *Il Quaternario*, 10 (2), 31-38.
- Polino, R. (coordinatore), Dela Pierre, F., Fioraso, G., Giardino, M., Gattiglio, M., 2002. Foglio 132-152-153 "Bardonecchia" Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000. Servizio Geologico d'Italia.
- Tele-Rilevamento Europa, 2005. Analisi di deformazioni superficiali e di movimenti di bersagli radar mediante elaborazione di dati SAR satellitari con la tecnica dei Permanent Scatterers (POLIMI PS Technique™-PSInSAR™). Relazione inedita.
- Tropeano, D. & Turconi, L., 1999. Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini delle Alpi Occidentali e Centrali. *GNDCI*, 2058, 151 pp.
- Tropeano, D. & Turconi, L., 2002. L'evento del 13 giugno 2000 nelle Alpi Occidentali: effetti sui versanti e nella rete idrografica. *GNDCI*, 2507, 269 pp.
- Zaccagna, D., Mattiolo, E. & Franchi, S., 1911. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 66 – Cesana Torinese. Servizio Geologico d'Italia.