

Movimenti in massa nelle rocce degradate e alterate del versante di Greci (Lago – CS): monitoraggio integrato degli spostamenti superficiali e profondi

STEFANO CALCATERRA (*), GAMBINO PIERA (*) & GULLÀ GIOVANNI (**)

Key words: *Deformazione Gravitativa Profonda di Versante, GPS, Inclino metro, Monitoraggio integrato, Rocce degradate e alterate, Spostamenti superficiali e profondi.*

INTRODUZIONE

I movimenti in massa che interessano il versante di Greci, nel comune di Lago (CS), sono oggetto di approfonditi studi a carattere geologico, geomorfologico e geotecnico da oltre 10 anni ad opera del CNR-IRPI e del Servizio Geofisica di ISPRA.

Il versante di Greci, prospiciente l'abitato di Lago, è interessato da una Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) tipo Sackung, che coinvolge rocce metamorfiche di basso grado fratturate e profondamente degradate e alterate (SORRISO-VALVO *et alii*, 1999). Le condizioni di instabilità sono rese complesse dalla sovrapposizione alla DGPV di frane superficiali, mediamente profonde e profonde, che hanno causato negli anni danni alle strutture e infrastrutture presenti nell'area di interesse. Gli studi condotti da BONCI *et alii* (2010) hanno permesso di accertare che la DGPV presente nel versante di Greci, con spessori dell'ordine dei 100 m, si muove con velocità dell'ordine di 0.50 cm/anno. Nella stessa area sono state identificate frane mediamente profonde (zona Piscopie) e profonde (zona Acqua Fredda), caratterizzate da cinematiso prevalentemente traslazionale con velocità generalmente costanti e, rispettivamente, dell'ordine di 1 cm/anno e di 10 cm/anno, che a seguito delle rilevanti e prolungate precipitazioni piovose hanno subito significativi incrementi negli inverni 2008-2009 e 2009-2010.

Il Servizio Geofisica di ISPRA in collaborazione con il CNR-IRPI ha progettato e realizzato una rete integrata di

monitoraggio permanente GPS-geotecnica finanziata con fondi del Dipartimento di Protezione Civile e della Regione Calabria (Legge n. 267/98, Decreto Sarno). La rete, operativa dal 2007, è costituita da stazioni GPS in acquisizione continua per il controllo degli spostamenti superficiali e da strumentazione geotecnica (inclinometri e piezometri). Tale strumentazione, ha integrato una rete di monitoraggio, con misure periodiche, avviata dagli anni '90 (SORRISO-VALVO *et alii*, 1999).

RETE DI MONITORAGGIO E ANALISI DEI DATI

La Rete di monitoraggio GPS originale è costituita da 24 vertici sui quali sono state effettuate misure periodiche dal 1996. Dal 2007 sono state installate 6 stazioni GPS in acquisizione continua (Fig. 1). L'architettura della rete in continuo ha previsto una stazione di riferimento (Master) ubicata su un edificio in un'area di adeguata stabilità e 5 stazioni di controllo installate nell'ambito del versante di Greci, al fine di definirne le condizioni di movimento e di stabilità. Tutte le procedure di gestione remota dei ricevitori, trasferimento dei *raw data*, controllo di qualità dei dati e archiviazione sono eseguite in automatico dal *software* di gestione presente presso il Centro di Raccolta Elaborazione e Controllo Dati di Roma nella sede del Servizio Geofisica di ISPRA. Tale *software* esegue automaticamente il processamento dei dati determinando le soluzioni giornaliere di ciascun punto di controllo rispetto alla stazione Master, considerata fissa, e gli spostamenti relativi dei punti di controllo.

La rete di monitoraggio degli spostamenti profondi, inizialmente costituita da due verticali inclinometriche spinte sino a circa 100 m (S03 - S01G, Fig. 1), dal 2007 è stata integrata con altre quattro verticali (SL4B, misurata sino a 80 m; SL5, misurata sino a 56 m; SL6, misurata sino a 59 m; SL7, misurata sino a 78 m). Nel periodo successivo tre delle quattro nuove verticali realizzate sono state rese inutilizzabili dalle deformazioni cumulate, ma il monitoraggio degli spostamenti profondi condotto ha consentito: l'accertamento della presenza sul versante di frane mediamente profonde e profonde, la validazione degli spostamenti superficiali misurati con la rete GPS. L'esito delle verticali inclinometriche ha confermato come indicazione generale l'opportunità di non utilizzare strumentazioni in continuo per le verticali inclinometriche. La

(*) ISPRA – Servizio Geologico d'Italia - Dipartimento Difesa del Suolo

(**) CNR-IRPI UOS Cosenza

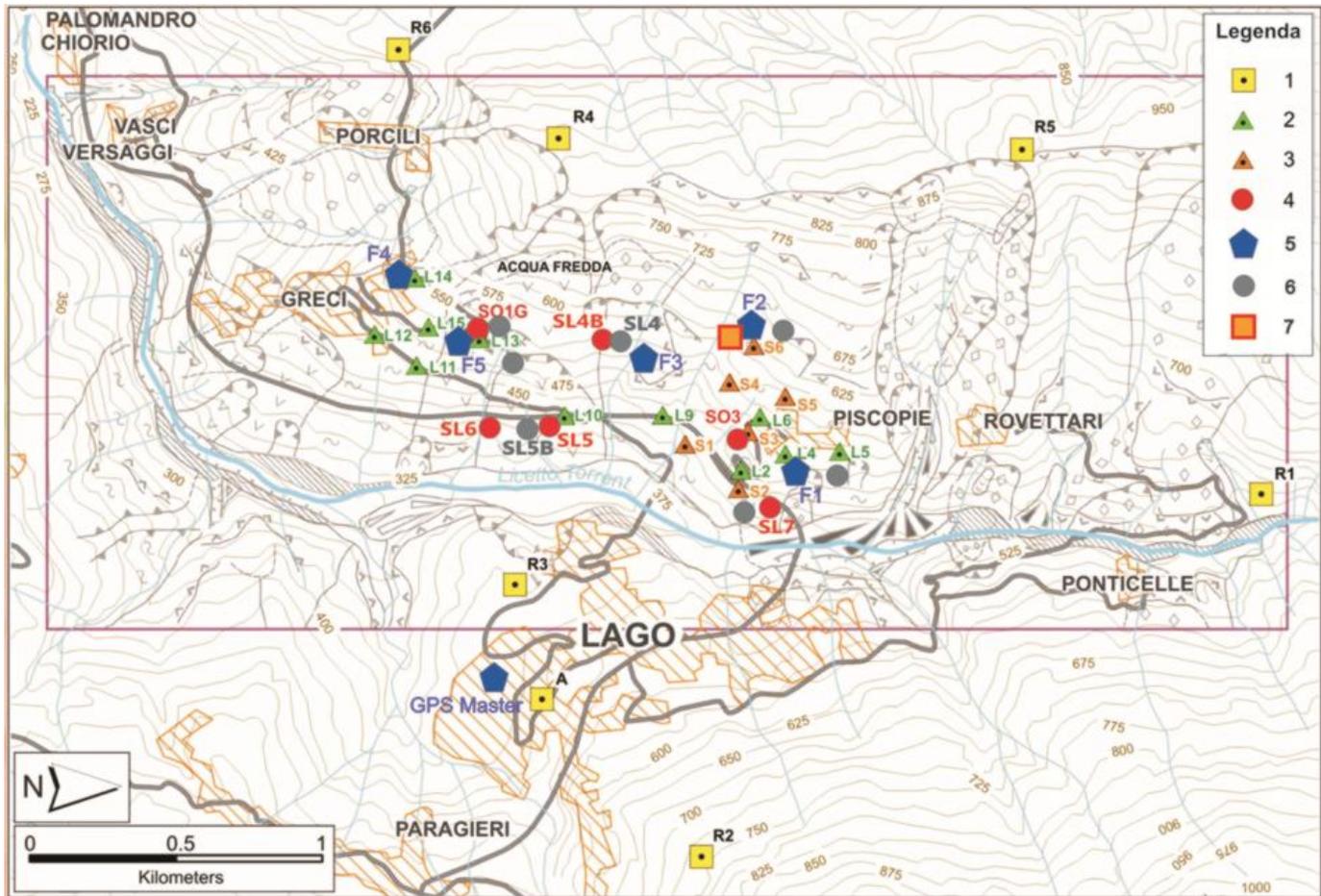


Fig. 1 – Ubicazione dei punti di monitoraggio all'interno della frana: 1) punti GPS di riferimento misurati in modalità statica; 2) punti GPS di controllo inizialmente misurati in modalità statico rapida; 3) punti di controllo misurati in modalità statica; 4) verticali inclinometriche; 5) stazioni GPS permanenti; 6) piezometri; 7) stazione meteo.

rete integrata di monitoraggio, nella sua definitiva configurazione, ha visto la realizzazione, in aggiunta alle precedenti verticali piezometriche misurate manualmente, di due nuove verticali (SL4 e SL5B) e di una stazione meteo, con acquisizione in continuo delle misure e trasmissione in remoto.

L'installazione di stazioni GPS in acquisizione continua ha permesso di seguire con grande dettaglio l'andamento dei movimenti nei vari periodi dell'anno. Le velocità medie ottenute dalle serie storiche delle stazioni in continuo sono in accordo con quelle dedotte dalle misure periodiche precedenti, ma le prime mostrano chiaramente un andamento dei movimenti caratterizzato da accelerazioni alternate a periodi di rallentamento. L'esame complessivo delle misure GPS e inclinometriche conferma le maggiori velocità nel settore di Acqua Fredda (anche superiori a 10 cm/anno per la stazione F5), velocità contenute nel settore di Piscopie (circa 1 cm/anno) e velocità intermedie nel settore interposto (circa 2 cm/anno rilevate da GPS F3 e dall'inclinometro SL4B). Le aree di margine (GPS F4 e F1 e inclinometro SL7) appaiono sostanzialmente ferme (Fig. 2), sebbene la stazione F1 segnali un lieve movimento superficiale (0.5 mm/anno) in un'area che in precedenza non aveva mostrato spostamenti significativi.

L'analisi delle serie storiche GPS ha evidenziato negli

inverni 2008-2009 e 2009-2010 un significativo incremento delle velocità di movimento. In particolare nel settore di Acqua Fredda nel periodo febbraio-giugno 2009 la stazione F5 ha registrato velocità circa quattro volte superiori la velocità media annua rilevata negli anni precedenti.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La Rete integrata di monitoraggio GPS-geotecnica di Lago è stata progettata e realizzata prendendo spunto dal quadro conoscitivo e dall'esperienza maturata su una rete integrata di monitoraggio, con misure periodiche, avviata negli anni '90. Ciò ha permesso di progettare la nuova rete, con acquisizione in continuo, allo scopo di approfondire l'andamento dei movimenti su quelle porzioni di territorio che avevano mostrato una propensione al dissesto e di verificare la stabilità dei settori ritenuti stabili, con l'obiettivo di definire un robusto modello cinematico del fenomeno di instabilità che controlla l'evoluzione del versante coinvolto dalla DGPV. La bontà della scelta dei siti è stata confermata dal confronto tra le misure effettuate con diverse tecniche (GPS e inclinometriche) e con diverse modalità (manuali e in continuo). La continuità del dato

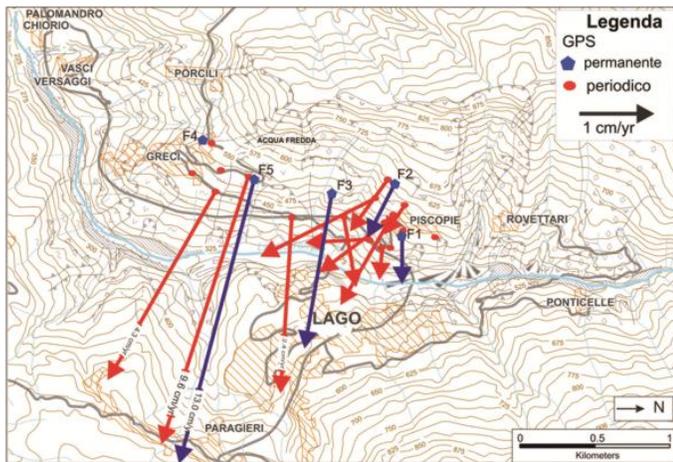


Fig. 2 – Spostamenti superficiali lungo il versante in studio rilevati con misure GPS periodiche (vettori rossi) e con stazioni in continuo (vettori blu). I punti privi di vettore non hanno mostrato spostamenti significativi.

ottenuto con stazioni permanenti permette di verificare sia le eventuali variazioni di velocità durante l'anno sia l'effetto delle precipitazioni sulla cinematica dell'area. La verifica della congruenza delle misure superficiali e profonde ha permesso di attribuire le corrette caratteristiche di movimento ai volumi instabili per gli spessori effettivamente coinvolti. Infine il significativo periodo di monitoraggio ha consentito di accertare la possibilità che sul versante di Greci, generalmente

interessato da movimenti caratterizzati da velocità medie costanti, si manifestino variazioni delle stesse velocità, in presenza di piogge cumulate su periodi adeguati, in grado di determinare condizioni critiche del regime delle pressioni neutre nei volumi instabili.

La ricerca svolta, oltre a fornire un contributo conoscitivo per la comprensione dei processi di instabilità nei versanti costituiti da rocce degradate e alterate, ha importanti ricadute generali in quanto delinea un efficace percorso metodologico per il monitoraggio integrato, con particolare riferimento ai versanti in rocce degradate e alterate interessate da movimenti in massa complessi dal punto di vista geologico-strutturale e geotecnico.

REFERENCES

- BONCI L., CALCATERRA S., CESI C., GAMBINO P., GULLÀ G., NICEFORO D., MERLI K., SORRISO-VALVO M. (1999) – *Displacements on a slope affected by a deep-seated gravitational slope deformation: Greci slope (Lago, Calabria, Italy)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 33, 141-153.
- SORRISO-VALVO M., GULLÀ G., ANTRONICO L., TANSI C., AMELIO M. (1976) – *Mass movement, geologic structure and morphologic evolution of the Pizzotto-Greci slope (calabria, Italy)*. Geomorphology, **30**, 147-163.