

RISCHI GEOLOGICI IN AREE URBANE: DUE ESEMPI DI MONITORAGGIO IN EMERGENZA CON “STAZIONE TOTALE”

Luciano BONCI (*), Stefano CALCATERRA(*), Claudio CESI(**), Piera GAMBINO(*),
Gianni GULLA' (***), Daniela NICEFORO (***)

(* APAT, Dip. Difesa del Suolo, Servizio Geofisica, Via Curtatone 3, 00185 Roma, tel.0644442282, fax 0644442604

(**) APAT, Dirigente con incarico di studio e ricerca, Via Curtatone 3, 00185 Roma, tel. 0644442931

(***) C.N.R.-IRPI, Sezione di Cosenza, Via C.B. Cavour n. 4/6, 87030 Rende (CS), fax 0644442604

luciano.bonci@apat.it

claudio.cesi@apat.it

gulla@irpi.cs.cnr.it

Riassunto

Il Servizio Geologico Nazionale (ora APAT) ha realizzato negli ultimi anni il monitoraggio degli spostamenti superficiali in continuo di alcune frane con stazioni totali motorizzate. Nella presente nota sono illustrati due casi di dissesto innescatisi rispettivamente nel comune di Acri (frana di Serra di Buda-CS) per cause naturali e nella città di Roma (V.le Newton) per cause antropiche. Tali casi costituiscono esempi di applicazioni in scenari geo-ambientali differenti. La prima rete, predisposta in collaborazione con il CNR-IRPI di Cosenza (ottobre 1999), è stata utilizzata per integrare i controlli del versante in frana al fine di consentire il transito lungo la SS 660, principale via di accesso all'abitato. Nel dicembre del 2001 è stata realizzata una seconda rete per il monitoraggio di un versante, in depositi argillosi Quaternari, al fine di verificare la stabilità delle opere di contenimento realizzate per la costruzione di un parcheggio sotterraneo nonché della porzione collinare a monte del relativo sbancamento e degli edifici limitrofi. In entrambi i casi la realizzazione delle reti di monitoraggio ed il monitoraggio stesso, con controllo in remoto della stazione totale, sono stati condotti in emergenza. Tale condizione operativa permette, qualora sussistano le necessarie condizioni logistiche, di avere in tempo reale e nell'immediato post-evento indicazioni sulle caratteristiche cinematiche del fenomeno di instabilità. Tali indicazioni, opportunamente integrate con altre tipologie di dati man mano acquisibili, forniscono un importante supporto per la gestione in emergenza di situazioni ad elevato rischio per la valutazione del rischio residuo. Successivamente alla fase di emergenza il sistema di monitoraggio può continuare a fornire dati utili per la progettazione, la realizzazione ed il controllo di interventi strutturali di stabilizzazione o, per alcune tipologie di instabilità, divenire con il supporto di un idoneo modello di analisi dei dati un intervento non strutturale.

Abstract

For a few years, the geophysical service of APAT has been monitoring some landslides developed in/or close to urban areas, using conventional surveying with motorized total stations. This paper deals with the results of two instability phenomena located in the central-western Calabria region (Acri town- Serra di Buda landslide) and in the city of Rome (V.le Newton). The first was triggered by natural events while the second is an example of antropic impact. The Serra di Buda landslide, occurred in January 1999, is a wide complex instability that involved the major road (SS 660). The phenomenon has developed on a slope in front of the village, constituted by metamorphic rocks. Subsequently, in October 1999 a total station has been installed, by the Geological Survey of Italy (currently APAT) with the CNR-IRPI of Cosenza, to define the surface displacements. The Viale Newton instability involves Quaternary deposits on gentle slopes in a residential area after the excavation of a large ground volume for the realization of an underground parking lot. The Geological Survey was requested by the Municipality of Rome to install the monitoring instrumentation about one month after the event. At the same time the phenomenon has been

stabilized by a ground refilling. The monitoring system applied is similar to the previous experience of Acri. Both examples of emergency actions using remote and continuous control system support engineering remedial works.

Introduzione

I dissesti oggetto della presente nota costituiscono due esempi di monitoraggio in condizioni di emergenza, l'uno in ambiente montano, la frana di Serra di Buda ad Acri (CS) (Gullà et al., in stampa-a), e l'altro in un ambito più strettamente urbano, il dissesto di Via Newton a Roma.

La frana di Serra di Buda ha rappresentato una sorta di laboratorio sperimentale per la messa a punto di un intervento operativo in un contesto tipico di emergenza di Protezione Civile.

Il sistema di monitoraggio predisposto consente la determinazione degli spostamenti superficiali del corpo di frana, grazie al controllo in remoto e gestione in tempo reale della strumentazione, e alla capacità di acquisizione in continuo dei dati con loro trasmissione ad un centro di elaborazione. Tale sistema, costituito da una strumentazione topografica servoassistita, è stato installato a partire dall'ottobre del 1999 successivamente alla segnalazione da parte della Regione Calabria di preoccupanti segni d'instabilità all'ingresso dell'abitato di Acri (CS), lungo un tratto del versante attraversato dalla principale via di accesso al paese (SS 660) (Bonci et al., 2002, Gullà et al. in stampa-b).

La sperimentazione di tale sistema, in una fase di emergenza, ha permesso di valutare le potenzialità della strumentazione utilizzata e di proporre l'impiego di un analogo sistema di monitoraggio anche nel caso di un'area residenziale nella zona sud occidentale di Roma dove i dissesti, manifestatisi nell'autunno del 2001, sono riconducibili a cause antropiche a seguito dello sbancamento di un versante per la costruzione di un parcheggio sotterraneo.

In ambo i casi il sistema di monitoraggio è stato opportunamente progettato e realizzato per alloggiare la Stazione totale in un punto di osservazione ottimale rispetto al versante da controllare, in posizione adeguatamente stabile e protetta da eventuali intrusioni. Un software dedicato permette il controllo automatico delle misure con sistema polare, la memorizzazione, l'elaborazione e la visualizzazione dei dati acquisiti dalla stazione. Il software consente in particolare di organizzare il monitoraggio per diversi set di punti con scansione temporale variabile e misure multiple. Al termine di ogni ciclo di misura sono automaticamente calcolate le correzioni angolari e le p.p.m. della distanza rispetto ad un ciclo iniziale di riferimento; successivamente sono apportate le correzioni alle misure rilevate sui punti di monitoraggio e rese immediatamente visibili sul monitor della stazione remota. I dati elaborati vengono successivamente rappresentati graficamente in forma sintetica riportando, in particolare, il valore delle variazioni medie giornaliere delle tre coordinate N, E e quota.

Un computer (tipo *notebook*), residente nel medesimo edificio in cui è posizionato il geodimetro, provvede al controllo dello strumento e trasferisce i dati acquisiti al centro di elaborazione dati (Sede APAT di Via Curtatone a Roma) tramite modem GSM. Una batteria tampone entra in funzione nel caso venga meno l'alimentazione di rete.

Completano le reti un congruo numero di *target* ubicati all'interno delle aree in frana e da un minimo di quattro punti di riferimento esterni a questa.

Inquadramento geo-ambientale

I due siti presi in considerazione ricadono in contesti geologico e ambientali alquanto diversificati, l'uno caratterizzato da materiali originariamente rocciosi, ma interessati da profondi ed intensi processi di alterazione e/o degradazione, e con morfologie aspre in cui l'elemento a rischio è rappresentato dalla principale via di collegamento tra il paese di Acri e la città di Cosenza, l'altro, diversamente, tipico di un ambito densamente urbanizzato lungo un versante debolmente acclive (dislivello di circa. 15 metri) impostato su depositi continentali prevalentemente argillosi.

Il paesaggio nel quale si inserisce la frana di Serra di Buda è tipico del dominio geologico calabro del versante occidentale del Massiccio della Sila. I termini litologici affioranti sono costituiti da

unità cristallino metamorfiche paleozoiche (Unità di Polia-Copanello) coinvolte da una serie di vicissitudini tettoniche che ne hanno caratterizzato la loro edificazione in un sistema tettonico a falde di ricoprimento (Amodio-Morelli et al., 1976). Il versante coinvolto dal fenomeno, caratterizzato da un'elevata energia di rilievo correlabile al sollevamento tettonico manifestatosi nell'ultimo milione di anni (Sorriso-Valvo, 1993; Westaway, 1993), è solcato al piede dal T. Calamo ed è caratterizzato da una topografia piuttosto accidentata con pendenze che a tratti superano largamente i 30°. L'ammasso roccioso che costituisce il versante di Serra di Buda si presenta alterato in affioramento ed in profondità è caratterizzato da ampie zone completamente degradate. L'intero versante è stato ripetutamente coinvolto da numerose fenomenologie di dissesto. In occasione dell'ultimo dissesto (dicembre 1998), tipologicamente riferibile ad uno scorrimento, dopo una breve interdizione della circolazione stradale, le Autorità preposte hanno accordato il transito imponendo la presenza di un presidio permanente e affidato lo svolgimento di indagini conoscitive al CNR-IRPI di Cosenza.

Per quanto riguarda la frana di V.le Newton, l'area in cui si sono manifestati i dissesti, prodotti dai lavori di realizzazione di un parcheggio sotterraneo, è situata alle pendici di una collina costituita prevalentemente da argille, argille sabbiose e sabbie appartenenti all'Unità di Ponte Galeria (Pleistocene medio) a cui si sovrappongono, nella parte sommitale del rilievo, depositi piroclastici provenienti dall'attività vulcanica dei Colli Albani e dei Sabatini. In quest'area i termini dell'Unità di Ponte Galeria sono inoltre ricoperti da materiale di riporto eterometrico con spessore di numerosi metri (Servizio Geologico D'Italia, 1995; Ventriglia, 2002).

Le deformazioni avvenute durante le operazioni di scavo hanno prodotto alle spalle della palificata vistose fratture sia lungo la rampa di accesso ad alcuni garage privati (figura 2d) sia su una strada confinante con l'area del cantiere; entrambe successivamente sono state interdette al traffico.

La rete di monitoraggio di Acri

La rete di controllo degli spostamenti superficiali realizzata per il monitoraggio della frana di Serra di Buda è stata dunque installata nell'ottobre 1999 ed è rimasta operativa fino a luglio del 2002 (Bonci et al., 2002; Gullà et al., in corso di stampa). La rete è costituita complessivamente da 4 prismi installati in aree stabili, che forniscono ne costituiscono il datum di riferimento, e da 9 punti ubicati lungo il versante interessato dall'instabilità e lungo il tracciato della SS 660. Le condizioni logistiche ed ambientali e la necessità di proteggere la strumentazione hanno guidato la scelta di alloggiare il geodimetro sulla Torre civica del paese, posta sul versante opposto all'area indagata, ad una distanza variabile tra 700 e 1000 metri (figura 1a). Dopo un primo anno di acquisizione dei dati con cadenza oraria, a partire dall'ottobre del 2000 le misure sono state effettuate ad intervalli di sei ore secondo una sequenza che prevede dapprima la lettura sui punti esterni e successivamente sul set di punti di misura.

La tipologia di monumentazione dei prismi, dettagliatamente descritta in Bonci et al. (2002), è stata vincolata dalle caratteristiche del sito pertanto sono stati messi a punto sia prismi su pilastro e palo sia su staffa ancorata ad edifici o a muri di sostegno.

Le informazioni desunte dal monitoraggio hanno evidenziato la prosecuzione confermata il proseguire dei movimenti negli anni successivi alla fase parossistica (intervallo 2000-2002) con velocità medie variabili da valle verso monte (0,02 cm/g per il punto 1 e 0,01 cm/g per il punto 7). Per quanto concerne il modulo degli spostamenti cumulati nel periodo di monitoraggio, si può assumere che il volume instabile abbia subito complessivamente uno spostamento medio di 11cm in circa 880 giorni, con una velocità media di circa 0.01cm/giorno. Per quanto attiene, invece, la variabilità stagionale delle misure si osservano i massimi valori nel giugno del 2000 (0,08 cm/g) per poi diminuire nell'inverno successivo (0,01 cm/g) e nuovamente aumentare nella primavera del 2001 (0,04 cm/g); dal mese di giugno 2001 fino al termine del monitoraggio le velocità sembrano stabilizzarsi intorno a valori non superiori a 0,02 cm/g anche con brevi periodi di stasi (Gullà et al., in stampa-b).

La rete di monitoraggio di Viale Newton (Roma)

La condizione di pericolo per i fabbricati circostanti lo sbancamento ha consigliato l'installazione di un sistema di monitoraggio che permettesse di tenere sotto controllo sia l'evoluzione delle deformazioni della palificata, sia l'eventuale coinvolgimento degli edifici circostanti. In coincidenza con la fine delle operazioni di provvisoria messa in sicurezza del cantiere, sono quindi iniziate le operazioni di monitoraggio in continuo e le attività di controllo delle stesse da parte del Servizio Geologico con l'invio di rapporti giornalieri agli uffici del Municipio XVI del Comune di Roma.

Il sistema è stato progettato per sfruttare pienamente le potenzialità dello strumento impostando il software di gestione per ottenere le migliori prestazioni. Le misure sono state eseguite con cadenza oraria, per seguire quasi in tempo reale l'evoluzione delle eventuali deformazioni, sono state previste soglie di tolleranza ridottissime, superate le quali la misura veniva ripetuta, inoltre ciascun punto è stato misurato quattro volte (due in dritto e due in capovolto). Sono stati individuati cinque edifici non coinvolti dal fenomeno attorno all'area in studio, su cui sono stati installati altrettanti prismi, che costituiscono il *datum* di riferimento.

Nell'area in osservazione sono stati posizionati 16 prismi collocati sulle strutture da monitorare come illustrato nella figura 2.

In aggiunta al monitoraggio continuo con stazione totale si è ritenuto opportuno realizzare una rete di livellazione di alta precisione per il controllo dei cedimenti in corrispondenza della fascia immediatamente prossima al cantiere. Il sistema di monitoraggio così progettato e realizzato ha permesso quindi nella prima fase di emergenza di tenere sotto controllo, in assenza di altra strumentazione, l'evoluzione della situazione e l'efficacia dei primi interventi di messa in sicurezza, evitando inoltre l'evacuazione dei fabbricati più a rischio.

Nel corso del monitoraggio, a partire dal 24 aprile 2002, si è registrata un'accelerazione dei trend deformativi che erano già stati evidenziati e segnalati nelle settimane precedenti su alcuni dei punti installati sulla palificata nord (Pt7, Pt8, Pt9 e pt17); contemporaneamente anche su altri punti posti sulla stessa palificata, che in precedenza non avevano mostrato spostamenti, si sono osservati movimenti verso il cantiere (Pt10, Pt11 e Pt12). L'entità degli spostamenti in corrispondenza dei punti di controllo ha messo in evidenza una elevata velocità di spostamento che ha prodotto, in un arco temporale di 4 giorni, spostamenti complessivi della palificata verso il cantiere variabili tra 11 millimetri (Pt7) e 25 millimetri (Pt10). Le caratteristiche tecniche dello strumento utilizzato e la configurazione scelta per il sistema hanno dunque consentito di seguire l'andamento delle deformazioni in atto nella palificata con notevole accuratezza ed in continuo (fig. 4). Nella situazione illustrata, dopo aver accuratamente validato l'attendibilità dei dati, il Servizio Geologico ha allertato i responsabili del Comune comunicando il superamento della soglia di attenzione di 10 millimetri precedentemente individuata dalla Commissione tecnica appositamente istituita per seguire l'emergenza.

Gli accertamenti condotti a seguito della segnalazione hanno rilevato la presenza di una notevole quantità d'acqua alle spalle della paratia dovuta alla perdita verificatasi da una condotta idrica. Poche ore dopo l'intervento sulla condotta il sistema di monitoraggio ha registrato un rallentamento delle velocità di deformazione della paratia che in breve si sono arrestate fino ad annullarsi (fig.4).

Per quanto riguarda invece gli edifici prossimi al cantiere il sistema ha consentito di verificare la loro sostanziale stabilità per tutto il periodo di osservazione.

Conclusioni

Le esperienze condotte sulle frane di Serra di Buda e di V.le Newton hanno consentito di mettere a punto utili indicazioni metodologiche per il monitoraggio in emergenza degli spostamenti superficiali di pendii instabili con il rilievo topografico automatizzato. E' stato possibile verificare la possibilità di approntare, in condizioni di emergenza, le due reti di monitoraggio in un arco di tempo molto breve e quindi acquisire in remoto ed in continuo misure sull'andamento degli spostamenti superficiali, in tempo quasi reale, proficuamente utilizzabili per gestire la condizione di rischio determinata dall'instabilità di pendio. La precisione raggiunta è centimetrica nel caso di

Acri, ove la stazione era posizionata ad una distanza di circa 1 km dall'area in frana, mentre è millimetrica nel caso della città di Roma, dove le condizioni logistiche più favorevoli hanno permesso di installare la stazione totale ad una distanza massima di circa 150 m. In questo secondo caso tale caratteristica ha reso possibile individuare e segnalare prontamente, e con adeguata affidabilità l'aumento delle velocità di spostamento prodotto da un incremento della spinta dell'acqua a monte della paratia e seguire, in tempo reale, l'evoluzione del fenomeno a seguito dell'intervento sulla condotta idrica.

In definitiva si ritiene che i risultati conseguiti abbiano evidenziato la notevole flessibilità e semplicità operativa delle stazioni totali verificandone, quindi, la concreta utilizzabilità per la realizzazione in emergenza di reti di monitoraggio degli spostamenti superficiali di pendii instabili. I sistemi di controllo così predisposti, oltre a consentire una più razionale ed efficace gestione delle situazioni ad elevato rischio, nelle fasi successive all'emergenza possono essere proficuamente integrati in reti complessive di monitoraggio conoscitivo, per la progettazione delle necessarie misure di riduzione e mitigazione del rischio, e per alcune tipologie di instabilità concorrere alla realizzazione di interventi definitivi di monitoraggio di controllo dei fenomeni di instabilità (interventi non strutturali di riduzione e mitigazione del rischio).

Bibliografia

- Amodio-Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin-Lorenzoni E., Zuppetta A. (1976), L'arco Calabro-Peloritani nell'oregene appennino-magrebide, *Mem. Soc. Geol. It.*, 17: 1-60.
- Bonci L., Calcaterra S., Cesi C., Gambino P., Gullà G., Niceforo D. (2002), *Monitoraggio in emergenza degli spostamenti superficiali nella frana di Serra di Buda (Acri-CS)*, CNR-IRPI Rapporto Interno N. 593.
- Gullà G., Antronico L., Bonci L., Cesi C., Calcaterra S., Gambino P., Niceforo D. (in corso di stampa-a), Monitoraggio di frane in ambiente Montano. *Atti del Convegno Nazionale "La Difesa della Montagna"*, Assisi, 11-12 dicembre 2002.
- Gullà G., Bonci L., Cesi C., Calcaterra S., Gambino P., Niceforo D. (in corso di stampa-b), Spostamenti superficiali di una frana in rocce alterate e degradate, *Atti del Convegno Nazionale "La Difesa della Montagna"*, Assisi, 11-12 dicembre 2002.
- Westaway R. (1993), "Quaternary uplift of Southern Italy", *Journ. Geophys. Res.*, 98: 21741-21772.
- Servizio Geologico Nazionale (1995), "La geologia di Roma. Il centro storico", *Mem Descr. Carta Geol. D'It.*, vol. L.
- Sorriso-Valvo M. (1993), "The geomorphology of Calabria, a sketch", *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 16: 75-80.
- Ventriglia U. (2002) – "La geologia della città di Roma". Amm. Prov. di Roma, Roma.

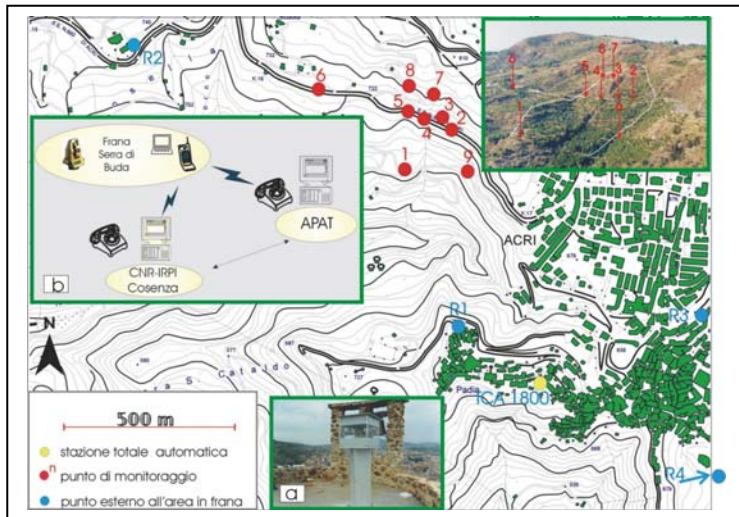


figura 1 – Rete di monitoraggio della frana di Serra di Buda (CS); a) stazione geodimetrica; b) sistema di trasmissione dei dati



figura 2 – Rete di monitoraggio della frana di Via Newton (CS); a) stazione geodimetrica; b) sistema di trasmissione dei dati, c) punto di riferimento, d) lesioni lungo la rampa di accesso ai garage

figura 3 – Rete di monitoraggio di Acri: spostamenti registrati nel punto 1 durante il periodo ottobre 1999- luglio 2002

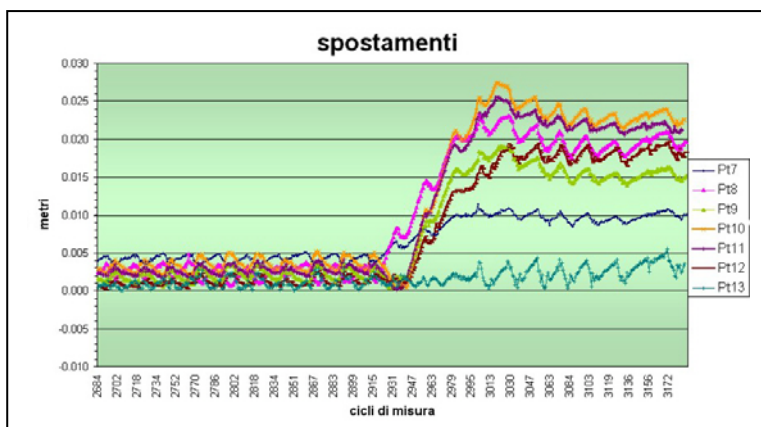
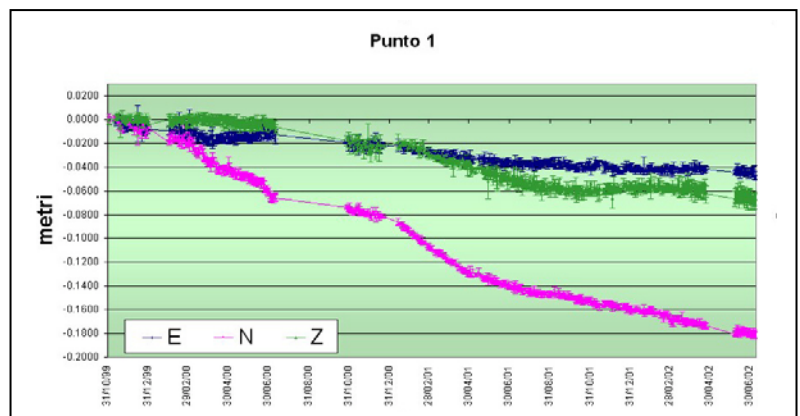


figura 4 – Rete di monitoraggio di V.le Newton: spostamenti registrati lungo la palificata nell'intervallo 15 aprile-5 maggio 2002