

Mappatura e studio di fenomeni franosi nel Subappennino dauno con immagini satellitari ad alta risoluzione

Caterina Lamanna, Domenico Casarano, Giuseppe Gigante, Janusz Wasowski

CNR-IRPI, Via Amendola 122/I, 70126 Bari, e-mail d.casarano@ba.irpi.cnr.it

Riassunto

Nel lavoro si esaminano le potenzialità delle immagini satellitari ottiche ad alta risoluzione per la mappatura delle frane attive e per l'individuazione delle condizioni che possono causare l'instabilità dei pendii, lungo un tratto stradale nel comune di Rocchetta S. Antonio (Subappennino dauno, provincia di Foggia), in un'area nota per i ricorrenti problemi di dissesto franoso.

In particolare si esamina un tratto lungo 11 km della SP 99bis, danneggiato da numerose frane ed attualmente chiuso al traffico. Questo studio è parte di un'indagine geologica in corso, i cui risultati saranno utilizzati per il progetto di opere di stabilizzazione.

Abstract

We report on the exploitation of high resolution optical imagery for the detection of slope conditions leading to instability and for mapping of active landslides along a road located in the municipal territory of Rocchetta Sant'Antonio (Daunia Apennines, Southern Italy), an area known for recurrent landslide problems. We focus on 11 km long portion of SP99bis road, which has been damaged by many landslides and is currently closed to the traffic. This study is a part of an ongoing engineering geology investigation whose outcomes will be used to design future slope stabilization works.

Introduzione

Il Subappennino dauno, (Puglia nord-occidentale), è interessato da numerosi e talora estesi movimenti di massa. Ad esempio, il 7 marzo 2005, una grande frana, provocata da abbondanti piogge, determinò seri danni al tratto dell'autostrada A16 tra Candela e Lacedonia, con conseguente chiusura al traffico fino alla realizzazione della variante. Altre frane hanno interessato, in questa zona, aree urbane e peri-urbane creando una seria minaccia per gli abitati. Inoltre, movimenti di massa avvenuti lontano dalle aree urbane hanno reso impraticabili molte strade, come la provinciale 99bis (fig. 1) che collega l'abitato di Rocchetta Sant'Antonio allo scalo ferroviario, ed hanno determinato perdite delle colture e danni alle case rurali. Tali eventi hanno ravvivato l'attenzione sulla stabilità dei versanti tra le autorità locali e nazionali e tra i ricercatori.

Il presente studio parte dalla verifica dell'importanza dei cambiamenti dell'uso del suolo e quindi dell'impatto antropico come fattori che contribuiscono ad accrescere l'instabilità dei versanti, focalizzandosi, mediante l'analisi di immagini satellitari, sull'individuazione delle frane attive e delle condizioni favorevoli ai dissesti nelle zone adiacenti il tratto citato della SP99bis.

È evidente che l'azione dell'acqua meteorica e l'uso del suolo sono due fattori molto importanti che controllano la stabilità dei versanti nell'area in esame, dove peraltro i franamenti sono spesso superficiali. I due fattori appaiono strettamente correlati se si considera che, a seguito degli aiuti comunitari (regolamento (CEE) n. 1143/76), si è verificata l'estensione delle colture cerealicole anche su versanti con pendenze elevate. Con l'avvento della meccanizzazione e quindi delle arature profonde, si sono adottate su terreni acclivi, in modo spesso inadeguato, le stesse forme di lavorazione applicate ai terreni pianeggianti. In molti casi sono stati danneggiati o completamente

rimossi gli elementi naturali (alberi, siepi, arbusti) e antropici (opere di regimazione del deflusso delle acque) che contribuiscono alla difesa del suolo, con conseguente flusso irregimentato delle acque e creazione di zone di ristagno.

L'analisi di immagini satellitari ottiche ad alta risoluzione fornisce un notevole supporto allo studio della franosità in relazione a tali fattori: rispetto al rilievo in sito è possibile una definizione più corretta dei contorni delle zone in frana, così come delle zone umide o di ristagno. A questo si aggiungono le potenzialità del dato telerilevato nella classificazione dell'uso del suolo, nell'individuazione di modificazioni nel reticolo idrografico, e nel supporto ai rilievi geo-litologici effettuati in sito.

Il trattamento in ambiente GIS dei dati telerilevati ne ha inoltre permesso l'integrazione con i dati acquisiti in sito, l'osservazione dei movimenti franosi in modalità tridimensionale anche in assenza del dato stereoscopico, e l'analisi quantitativa dei risultati rispetto ai possibili fattori predisponenti e causativi.

Inquadramento dell'area di Studio

L'area a cui è stato inizialmente rivolto lo studio è il territorio comunale (72 km²) di Rocchetta Sant'Antonio, piccolo centro con circa 2000 abitanti (Fig. 2.1). Qui le quote variano tra 170 e 770 metri s.l.m.. Solo le sommità più ripide ed elevate includono una percentuale significativa di suolo arboreo. Altrove, specie dove predominano unità prevalentemente argillose, la copertura vegetale è rappresentata soprattutto da coltivazioni cerealicole e localmente da pascolo. Le aree incolte sono molto limitate e corrispondono ad affioramenti di flysch e argille. La densità relativa di insediamenti urbani e rurali, strade ed altre infrastrutture è molto bassa.

Le unità flyscioidi prevalentemente argillose sono più soggette ad una intensa erosione e a movimenti di versante, rispetto alle formazioni contenenti maggiori quantità di intercalazioni litoidi (arenarie, calcari e marne). La presenza diffusa di litotipi argillosi con proprietà geotecniche apparentemente scadenti sembra essere la causa principale della franosità. Inoltre, come risultato degli intensi movimenti tettonici, le unità appenniniche sono state soggette a scompaginamenti che ne hanno modificato profondamente il loro assetto originario e le loro caratteristiche tecniche. La mappa geologica semplificata desunta dai fogli 174 e 175 della "Carta Geologica d'Italia", è riportata in fig. 2. Per la descrizione dell'andamento del rilievo nell'area di studio, si è utilizzato un DEM a 5 metri ricavato dalle curve di livello della cartografia tecnica 1:5000 e da punti quotati. Il DEM ha permesso anche di ricavare una suddivisione dell'area in sottobacini. In fig. 2 è sovrapposta la delimitazione dell'insieme dei sottobacini comprendenti il tratto in esame della SP99bis, e che costituiscono l'area (di circa 16 km²) su cui è stato svolto lo studio di maggiore dettaglio finalizzato alla caratterizzazione dei dissesti, oggetto del presente lavoro.



Fig. 1. (sinistra)– frana su un tratto della SP99bis. (destra) – ristagno d'acqua sotto la nicchia di distacco di una frana.

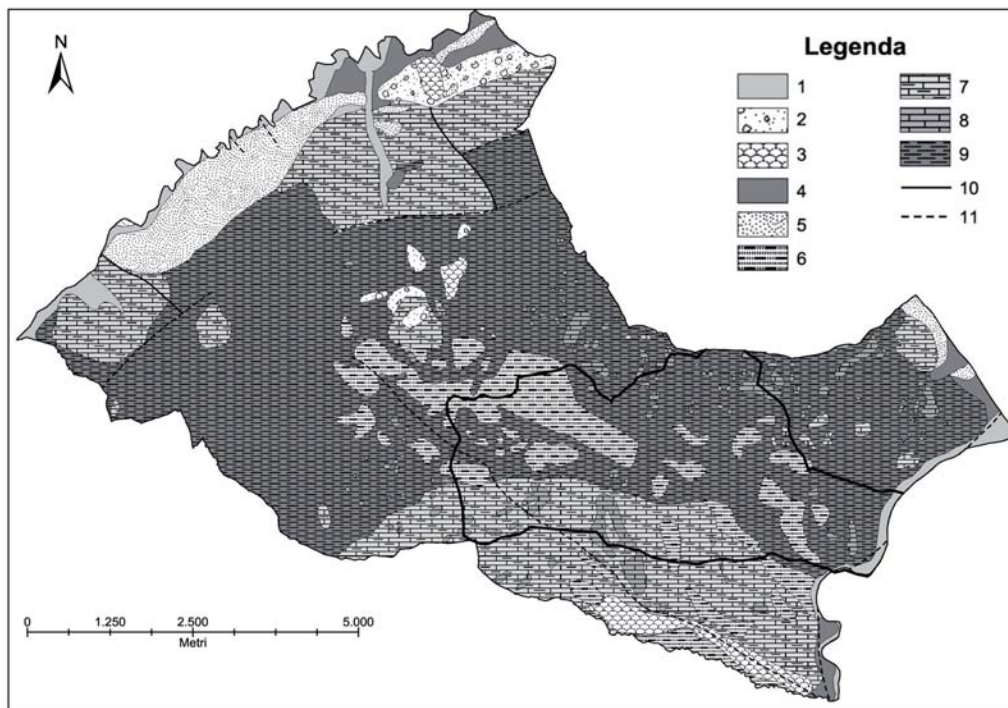


Fig. 2. Carta geologica semplificata: Legenda: 1) alluvioni; 2) detriti di falda; 3) depositi di frane; 4) depositi alluvionali terrazzati (sabbie, ghiaie e argille) (Pleistocene-Olocene); 5) sabbie, argille, argille marnose e conglomerati (Pliocene); 6) arenarie includenti intercalazioni di argille scistose marnose (Miocene); 7) calcarei marnosi, arenarie e argille scistose (Miocene); 8) Complesso Indifferenziato (breccie calcaree, calcareniti) (Paleogene); 9) Complesso Indifferenziato (principalmente argille scistose e argille scistose marnose, e secondariamente calcarei, calcareniti, breccie, arenarie) (Cretaceo superiore-Paleogene); 10) faglie; 11) faglie presunte.

Dati e Metodologie di Analisi

Lo studio condotto si è avvalso sia di rilievi in sito, sia dell'elaborazione di dati telerilevati con particolare attenzione al sensore ad alta risoluzione montato sul satellite IKONOS. Si è considerata una immagine del territorio comunale di Rocchetta S. Antonio acquisita il 9 Aprile 2006. L'immagine IKONOS a colori compositi, sottoposta a pan-sharpening ed ortorettificata, è stata sovrapposta al DEM e visualizzata in 3D, permettendo di ottenere la carta di inventario delle frane attive ad una scala di dettaglio. Confrontando i risultati ottenuti con quelli derivanti dal rilevamento di campagna, svolto nella primavera del 2005 utilizzando la carta tecnica 1:5000, si osserva che il dato satellitare ha permesso un migliore dettaglio nella mappatura, riducendo notevolmente l'errore di posizionamento, con risultati confrontabili con quelli delle fotografie aeree in visione bidimensionale e tridimensionale. Il dato satellitare ha inoltre permesso di ricavare in dettaglio il reticolo idrografico, osservandone le modificazioni rispetto a quello riportato nella cartografia tecnica, nonché di aggiungere dettaglio alla mappa litologica di riferimento (fig. 3). Infine, si sono osservate zone umide ed aree di ristagno. Nelle figg. 3-4 sono riportati gli elementi individuati dall'osservazione dell'immagine IKONOS, per l'insieme dei sottobacini comprendenti il tratto stradale oggetto di studio. In fig. 4 sono anche riportati i punti di immissione ed emissione delle acque che defluiscono senza alcuna regimazione attraverso la sede stradale dopo un intenso evento

piovoso, rilevate in sito il 18 Marzo 2006, nonché i tratti della pavimentazione stradale lungo i quali vi era scorrimento delle acque, in gran parte prive di canalizzazione, alla stessa data.

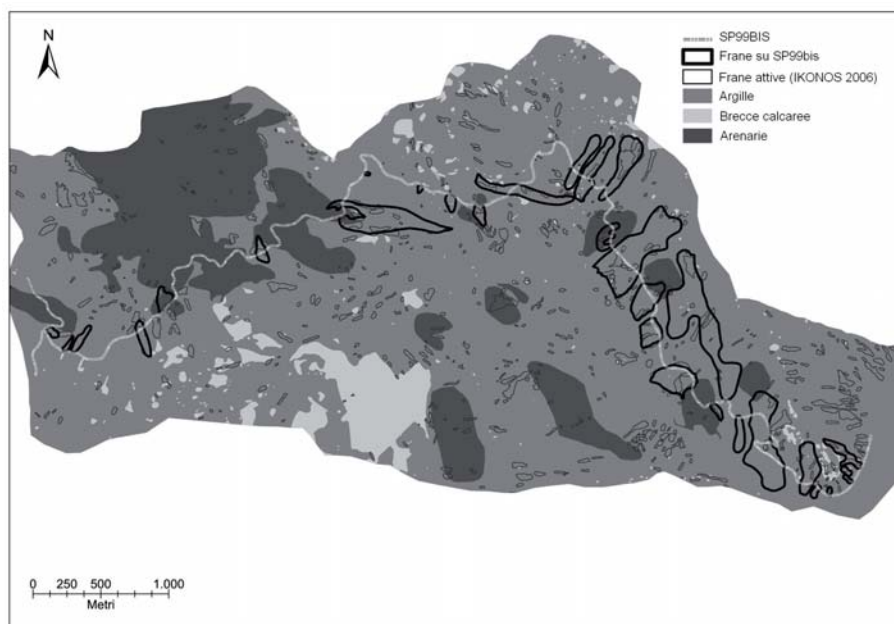


Fig. 3. Frane che hanno danneggiato la SP99bis (rilievo in sito del 2005) e frane attive osservate su immagine IKONOS del 2006, su carta litologica di dettaglio ottenuta da dati IKONOS.

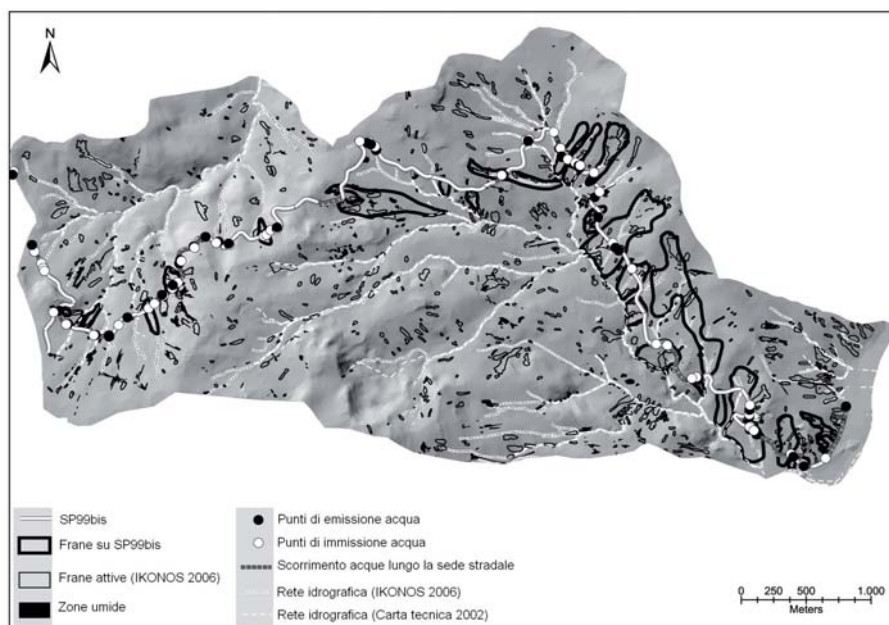


Fig. 4. Frane ed elementi di drenaggio sovrapposti al rilievo ombreggiato (DEM a 5 metri).



Fig. 5. (sinistra) – Immagine IKONOS Pan-sharpened (NIR): in evidenza scorrimento (freccie) e ristagno (W) delle acque; (destra) foto dell'area interessata dal ristagno.

Risultati

Nell'insieme dei due sottobacini comprendenti la SP99bis (16 km²), si sono censite dall'immagine IKONOS 654 frane attive, pari a 42.1 frane per km², con una percentuale di area in frana pari al 5% del totale. Tale situazione rispecchia quella dell'intero territorio comunale, dove in 72 km² si sono mappate oltre 2500 frane attive, con una incidenza di oltre 37 frane per km² ed una percentuale di area in frana del 5.2%. Il confronto di tali dati con quelli ricavati da immagini aeree del 1976, sull'intero territorio comunale, indica un sensibile aumento della franosità, nonostante la stagione piovosa 1975-1976 fosse stata anch'essa caratterizzata da precipitazioni ben al di sopra della media. L'analisi combinata dei dati di franosità rispetto ai cambiamenti nell'uso del suolo ed alla distribuzione delle pendenze (Wasowski et al., 2007; Lamanna et al., 2009) aveva mostrato come l'incremento di franosità fosse stato significativamente maggiore sulle aree coltivate rispetto a quelle rimaste incolte, e che le percentuali più alte di area in frana si fossero registrate sui terreni coltivati solo dopo il 1976. Tali terreni, rispetto a quelli coltivati già in precedenza, risultavano situati su pendenze mediamente maggiori, e più franosi già in origine. Risultava quindi provata l'influenza, come fattore predisponente al dissesto, dell'estensione di coltivazioni cerealicole su pendii ripidi e intrinsecamente più instabili.

Gli effetti dell'azione antropica, associata all'uso del suolo, sull'instabilità dei pendii, si esercitano tra l'altro favorendo situazioni di ristagno o di deflusso anomalo delle acque meteoriche, come pure di saturazione del suolo da parte delle acque della falda superficiale.

Questo è particolarmente evidente lungo gli 11 km del tratto della SP99bis, compreso tra il bivio per Lacedonia e la stazione ferroviaria di Rocchetta S. Antonio, interrotto da 30 frane. In questo caso è la presenza stessa della strada a costituire un ostacolo al drenaggio superficiale, nel momento in cui gli elementi che dovrebbero favorire il drenaggio sono assenti, danneggiati o in condizioni di scarsa manutenzione. Questo è dimostrato dalla maggiore incidenza delle zone umide nelle vicinanze della strada, e in particolare immediatamente a monte della stessa (figg. 6-7). Se si considera l'area complessiva occupata dalle zone umide nella zona di rispetto di 120 metri attorno alle frane attive che interessano il tratto stradale, il 59% di essa è situata a monte della sede stradale; restringendo a 70 metri la zona di rispetto, tale percentuale sale al 66.8%. La frequenza delle zone umide è quindi maggiore in prossimità delle aree in frana situate a monte della sede stradale, ovvero dove la maggior parte delle frane ha origine. Inoltre, 13 frane su 30 sono associate a condizioni di scorrimento disordinato delle acque lungo la sede stradale: si tratta soprattutto delle frane più estese, poiché le 13 frane coprono un'area complessiva di 0.65 km², su un totale di 1.07 km² di tutte le 30 frane. Tali dati evidenziano il forte legame tra l'attività franosa, la presenza di zone umide, e lo scorrimento disordinato delle acque sulla sede stradale.

Nel quadro dei lavori di progettazione degli interventi di risistemazione del tratto stradale in questione, sono attualmente in corso indagini geognostiche in sito. I primi risultati del monitoraggio piezometrico, svolto a partire da inizio 2009 su una rete di 47 piezometri in coincidenza o prossimità di tutte le 30 frane che interessano il tratto stradale, confermano l'associazione delle zone umide con il livello piezometrico della falda superficiale. I risultati stanno fornendo utili indicazioni per la progettazione degli interventi di risistemazione, e in particolare delle opere di drenaggio.

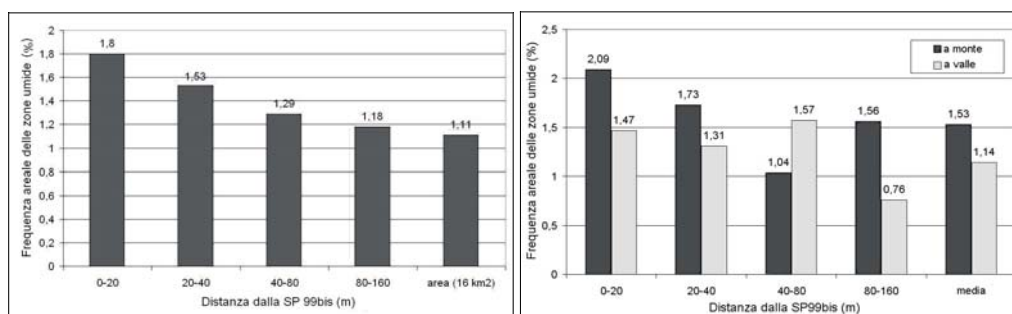


Fig. 6. Frequenza areale delle zone umide mappate da immagine IKONOS nei pressi della SP 99bis, comparata con il valore medio sull'area di studio.

Fig. 7. Frequenza areale delle zone umide nei pressi della SP99bis, separata per le aree a monte e a valle del tratto stradale.

Conclusioni

Questo studio dimostra l'applicabilità pratica delle immagini satellitari ottiche ad alta risoluzione nella mappatura dei dissesti franosi e dei fattori di instabilità ad essi associati. Grazie alle immagini IKONOS si sono ottenute informazioni dettagliate sul deflusso delle acque sui pendii sia sovrastanti che sottostanti il tratto stradale, come pure lungo la sede stradale stessa. Si è riscontrato che condizioni di deflusso non adeguato sono presenti in coincidenza con la maggior parte delle frane. Un confronto tra le osservazioni in sito ed i dati telerilevati ha mostrato che la maggior parte delle zone umide anomale osservate in sito erano identificabili anche da satellite. Tali risultati saranno di aiuto nel progetto delle opere di stabilizzazione, in particolare per quanto riguarda il miglioramento delle condizioni di drenaggio.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Comune di Rocchetta S. Antonio, e in particolare il Dott. Magnotta e l'Ing. Mastropietro. Il lavoro è stato in parte svolto nell'ambito della convenzione tra CNR-IRPI e Prefettura di Foggia, per il "Superamento del contesto critico in atto nel Comune di Rocchetta S. Antonio connesso alle condizioni di dissesto idrogeologico dei versanti limitrofi alla SP99bis".

Bibliografia

- Lamanna C., Casarano D., Wasowski J., "Cambiamenti dell'uso del suolo e aumento dell'attività franosa nel territorio di Rocchetta Sant'Antonio (Appennino dauno)", *in corso di stampa su "Il quaternario"*, 22(2), 2009
- Wasowski J., Casarano D., Lamanna C. (2007) – "Is the current landslide activity in the Daunia region (Italy) controlled by climate or land use change?", *Proceedings of the International Conference on Landslides and Climate Change*, Ventnor, Isle of Wight, UK, 21-24 Maggio 2007, 41-49.