

Università degli Studi di Napoli Federico II
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base



Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Tesi di laurea triennale in
Ingegneria per l'ambiente e il territorio

“Studio di fenomeni franosi complessi mediante tecniche di foto-interpretazione”

Relatore

Prof. Paolo Budetta

Correlatrice

Ing. Mariella Danzi

Candidata

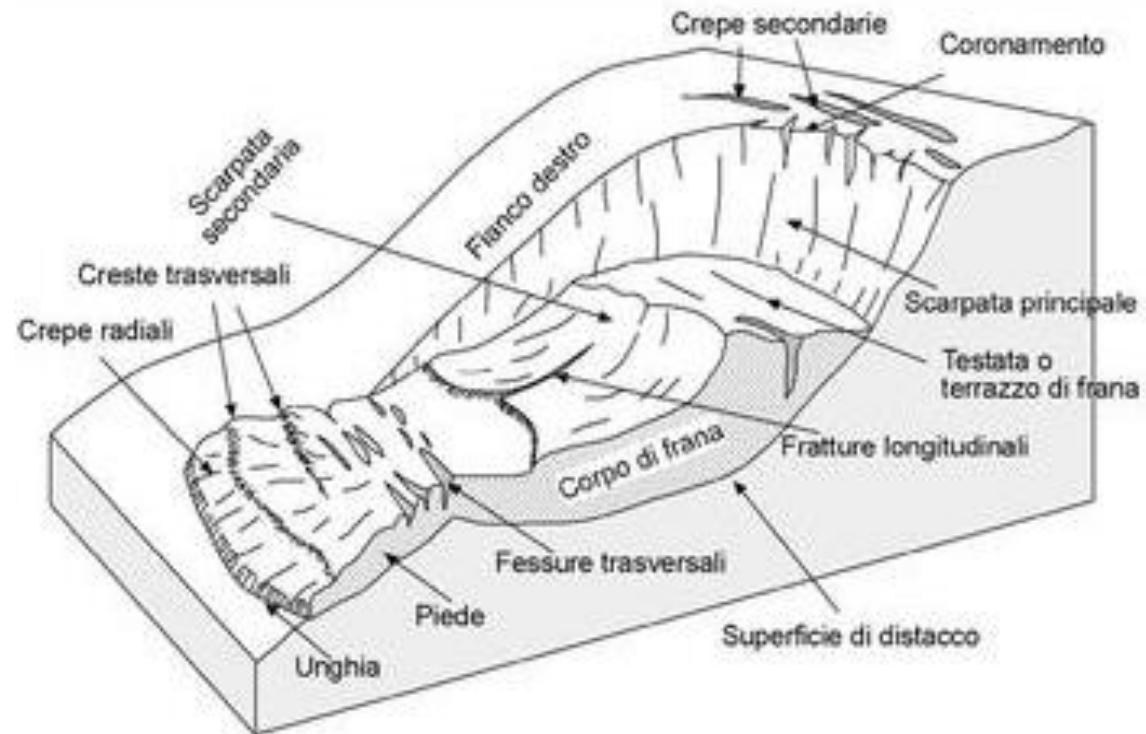
Fabiana Fiorentino

M. N49000426

Anno accademico 2016/2017

Il presente lavoro di tesi è incentrato sullo studio di frane a comportamento lento ed intermittente attraverso l'osservazione e l'interpretazione di immagini. In particolare, attraverso gli studi effettuati dall'istituto ISPRA (*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*) e i rilievi effettuati dall'ing. Danzi, è stata analizzata l'area di Montescaglioso (MT) interessata nel 2013 da un movimento franoso di ampie dimensioni.

*E' noto che le **frane** sono movimenti di masse rocciose, sciolte o lapidee, che si generano lungo una superficie di scorrimento in seguito all'azione della gravità. Sono processi morfodinamici che provocano il modellamento dei versanti.*



Studio di un movimento franoso

Ambiti di indagine:

- *Caratterizzazione geomorfologica*: finalizzata allo studio degli aspetti evolutivi di un territorio e dell'insieme delle trasformazioni dovute all'effetto di vari agenti fisici attraverso la sua rappresentazione morfologica;
- *Monitoraggio* (in continuo e/o in discontinuo): riguardante il controllo sistematico dei cambiamenti morfologici di un'area in frana in un determinato intervallo temporale.

Strumenti d'indagine

Strumenti geotecnici:

- Piezometri
- Estensimetri
- Deformometri
- Celle di carico
- Inclinatori

Strumenti topografici (Geomatica):

Puntuali:

- Stazioni totali
- Sistema satellitare GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

Areali:

- Fotogrammetria aerea e terrestre
- Laser Scanning aereo e terrestre
- Interferometria radar terrestre

Produzione di:

- ❖ **DTM** (*Digital Terrain Model*): rappresentazione della distribuzione delle quote di un territorio.
- ❖ **DSM** (*Digital Surface Model*): assieme al dato del terreno sono presenti le quote relative agli oggetti insistenti su di esso (vegetazione, edifici ed altri manufatti).

Fotointerpretazione

Analisi di immagini fotografiche (anche stereoscopiche), atte a ricavare informazioni generali di un territorio.

Sistematica:

Non si ha alcuna informazione sul territorio da fotografare

Guidata:

Quando si vuole indagare in uno specifico settore

Comparata:

Quando si mettono a confronto immagini della stessa zona riprese in epoche diverse, per valutare le modificazioni intervenute

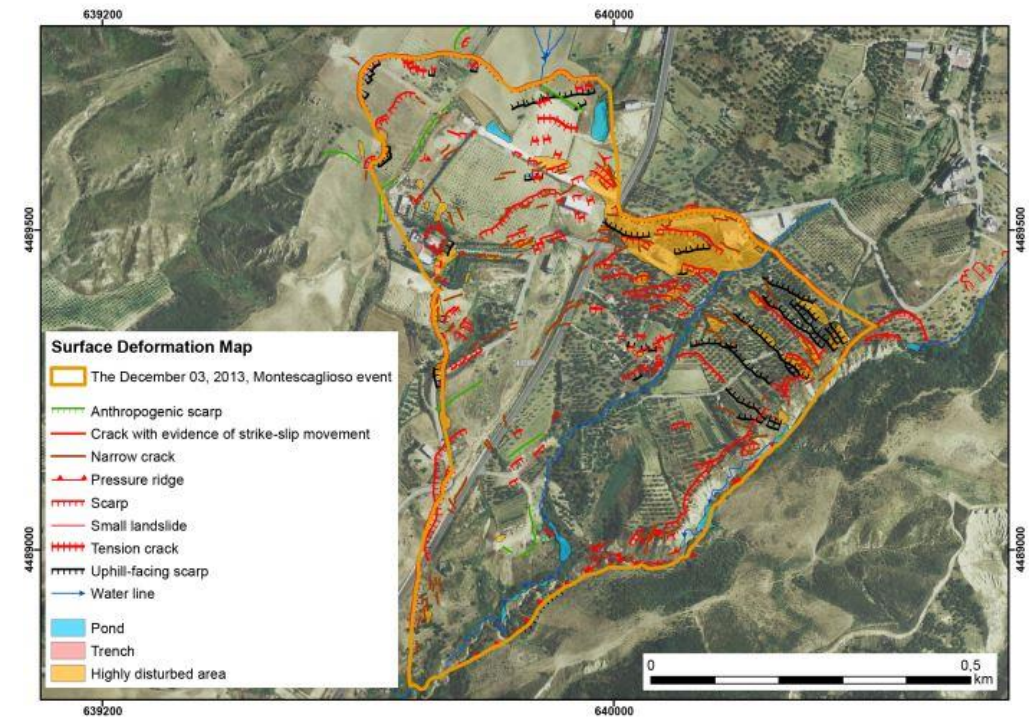
Frana di Montescaglioso

Innescatasi il 3 Dicembre 2013, a seguito di circa 56 ore di piogge continuative, e che ha causato la distruzione di infrastrutture di trasporto, abitazioni ed attività commerciali.



Movimento caratterizzato da una prima fase ad evoluzione veloce (fase parossistica) seguita da una seconda, più lenta, con generazione di fratture, scarpate e contropendenze di notevole entità.

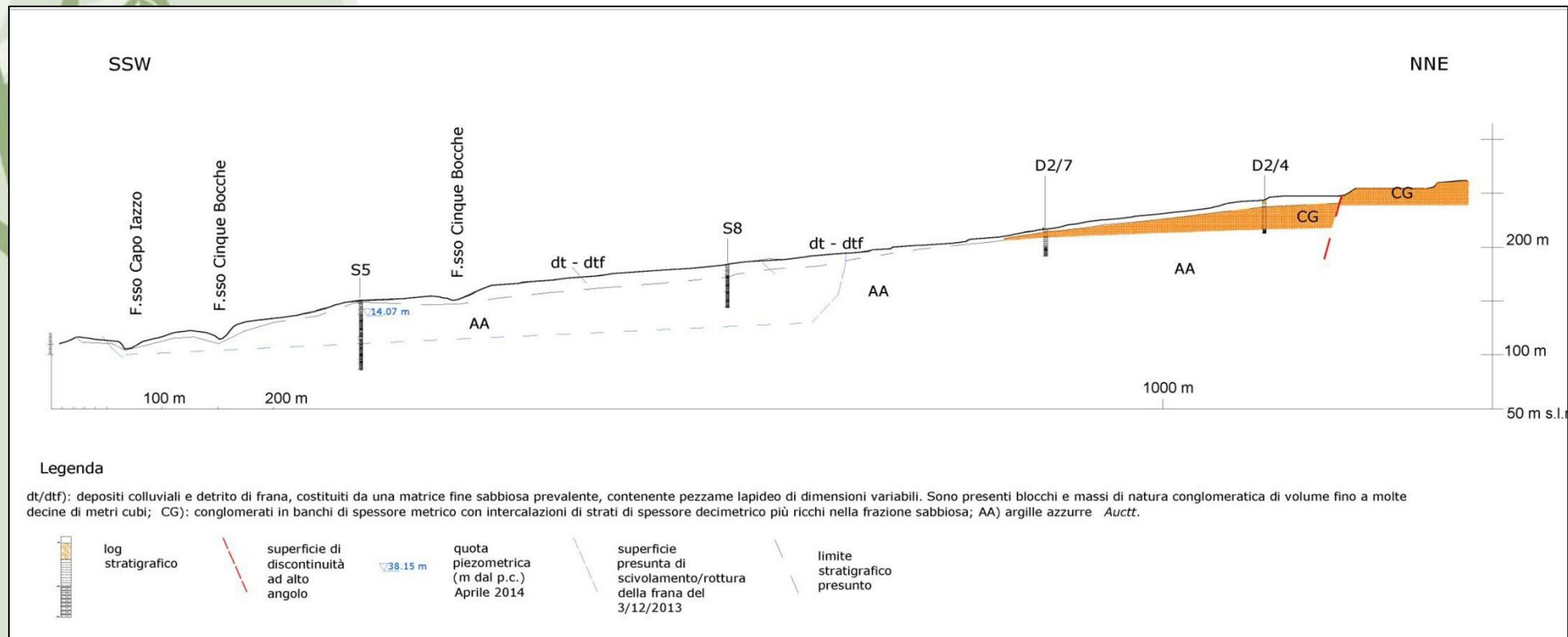
L'area coinvolta è pari a circa 50 *ha*, in una fascia altitudinale compresa tra 200 e 100 m s.l.m.



Modello geologico

La ricostruzione del modello geologico si è avvalsa di indagini in sito (perforazioni, prove SPT -Standard Penetration Test-, prove Lefranc, piezometri, inclinometri e TDR - per il monitoraggio della suzione di matrice e dei contenuti d'acqua volumetrici).

Il pendio interessato è caratterizzato dalla presenza di terreni, partendo dal basso, argillosi, sabbiosi e conglomeratici.



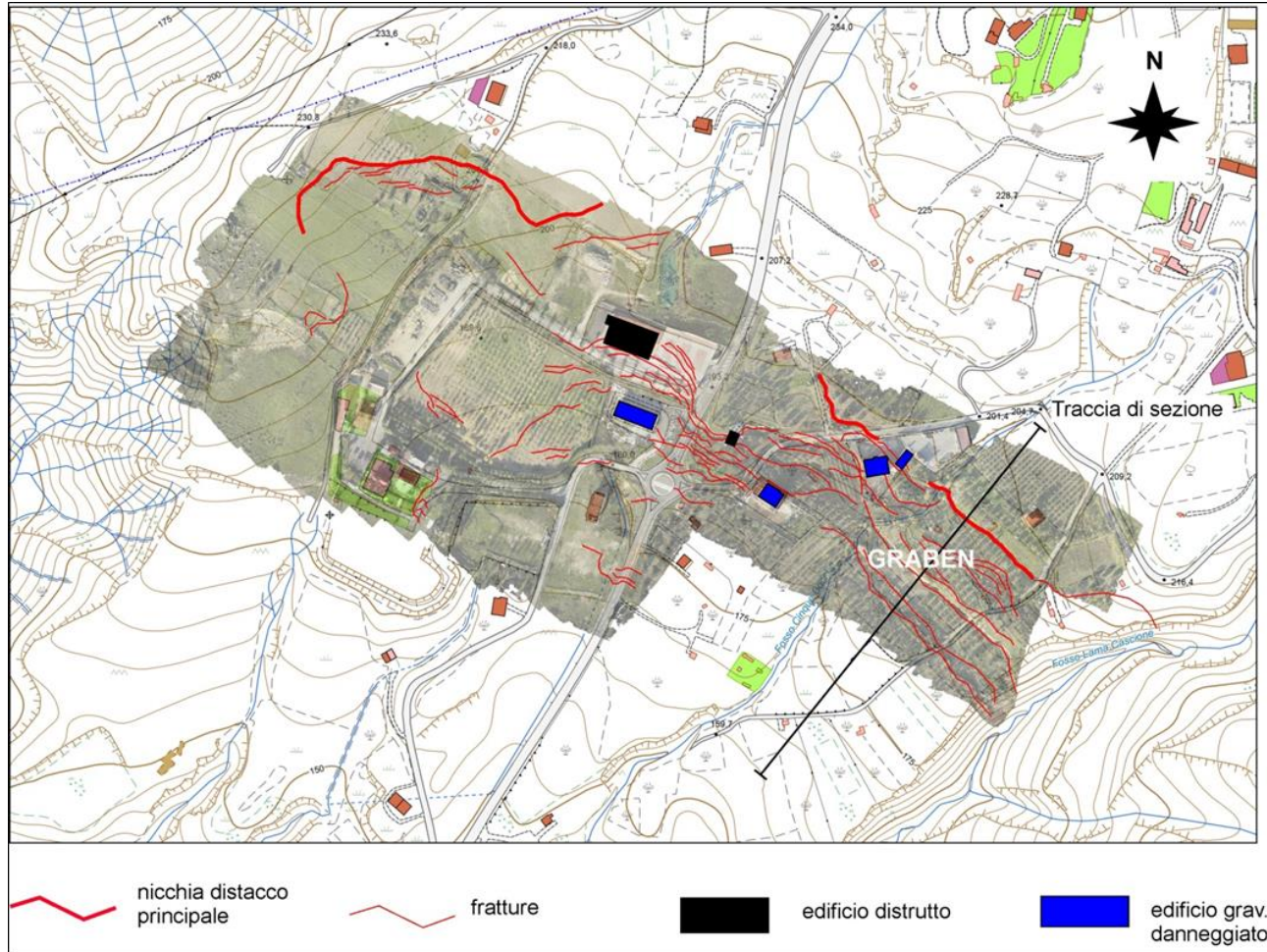
Caratterizzazione geotecnica

Sebbene non costituisca l'oggetto precipuo dello studio, essa sulla base di prove di laboratorio (analisi granulometriche, limiti di consistenza, caratteristiche fisiche, prove di resistenza al taglio – dirette e radiali - , triassiali ed edometriche)

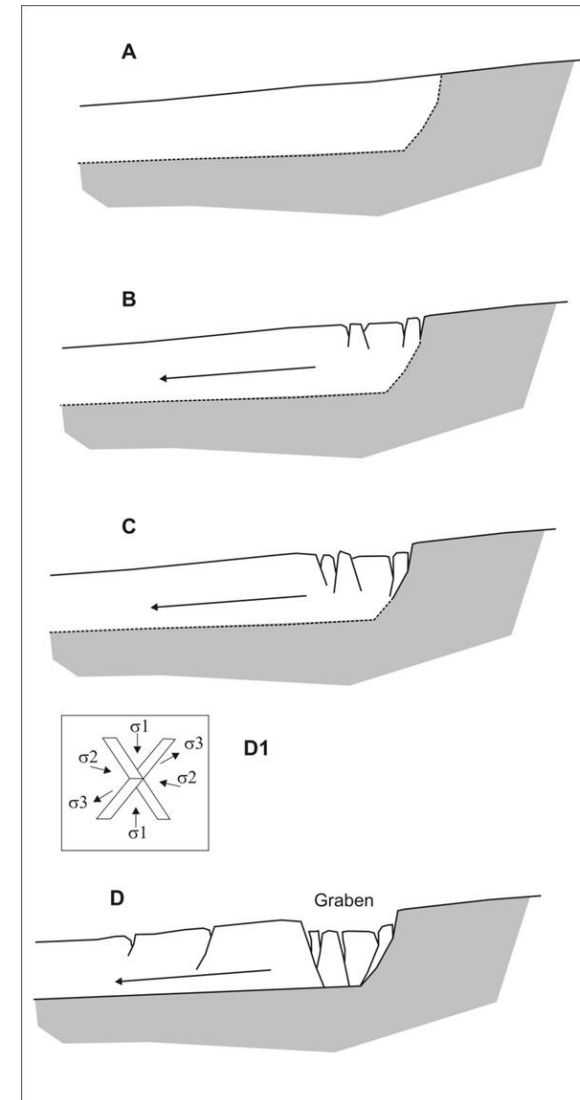
.....ha consentito di accertare che i terreni interessati dal fenomeno franoso sono costituiti da:

Argille limose, inorganiche, con plasticità medio-alta e bassa attività, con bassissimo grado di permeabilità, sovraconsolidate e con notevole attitudine al rigonfiamento.

Evoluzione della frana nell'area della testata



Sovrapposizione di ortofotocarta (da rilievi Ing. Danzi) su base topografica e rilievo delle fratture di collasso nella zona del graben.



Modello evolutivo della frana (secondo Cruden, 1991) e formazione del graben, dovuto all'andamento delle sollecitazioni principali massime agenti nel corpo di frana e lungo la superficie basale di rottura

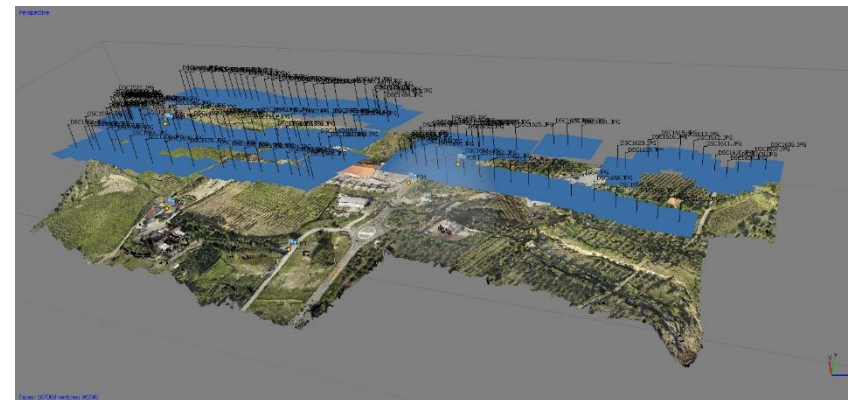
Analisi degli spostamenti

- **Fase 1**: rilievo di dettaglio della zona interessata.

La tecnica utilizzata è quella fotogrammetrica da drone, ed in particolare la metodologia UAV (velivoli a pilotaggio remoto), con drone esacottero (a sei rotori) per l'acquisizione di strisciate fotografiche con camera ad alta risoluzione.



Per la ricostruzione completa del territorio sono occorsi molti fotogrammi parzialmente sovrapposti, che hanno formato il cosiddetto piano di volo.



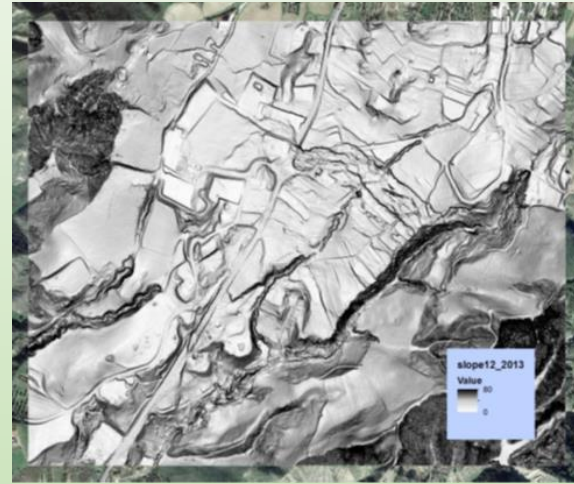
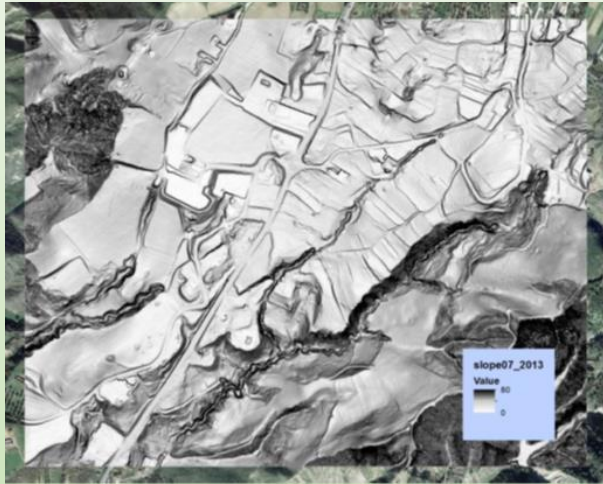
Oltre all'acquisizione della strisciata fotografica, per mettere in scala reale il modello stereoscopico al fine di ottenere una restituzione grafica aderente al vero, sono state effettuate acquisizioni di punti quotati tramite GPS.

Attraverso tali strumenti sono stati elaborati ortofoto e modelli 3D con l'ausilio di una tecnologia di ricostruzione 3D multi-vista che opera sulle immagini.



- **Fase 2**: Elaborazione delle ortofoto

Acclività: confronto tra ortofoto



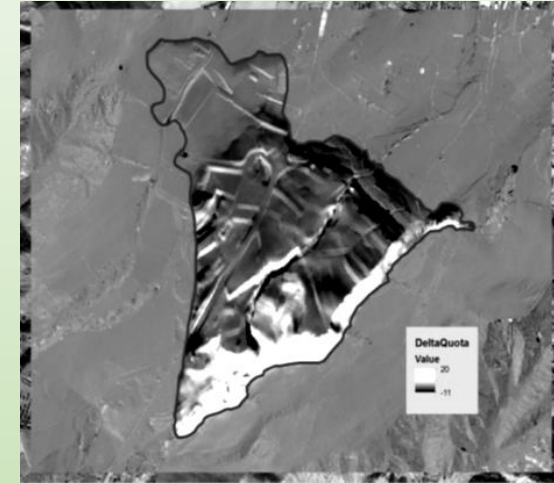
Carta dell'acclività ricavata da DTM_07-2013

Carta dell'acclività ricavata da DTM_12-2013

L'analisi di acclività fa parte dell'analisi digitale del terreno. Questa rappresenta un insieme di tecniche utili a descrivere quantitativamente la morfologia del terreno.

Attraverso tale confronto si è potuto riscontrare che i valori delle pendenze sono relativamente modesti (con una media di 16°) e dispersi (con deviazione standard pari a 13°).

Spostamenti verticali: carta delle differenze di quota



Carta delle differenze di quota tra l'assetto morfologico pre e post-evento

Le carte delle differenze di quota vengono ricavate tramite operazioni di *map-algebra*.

Attraverso il confronto di carte pre e post evento è stato possibile ricostruire e delimitare la zona interessata dal dissesto, in quanto risulta molto evidente un'area al di fuori del quale non sono presenti sensibili differenze di quota della superficie topografica a seguito del movimento franoso.

Spostamenti planimetrici

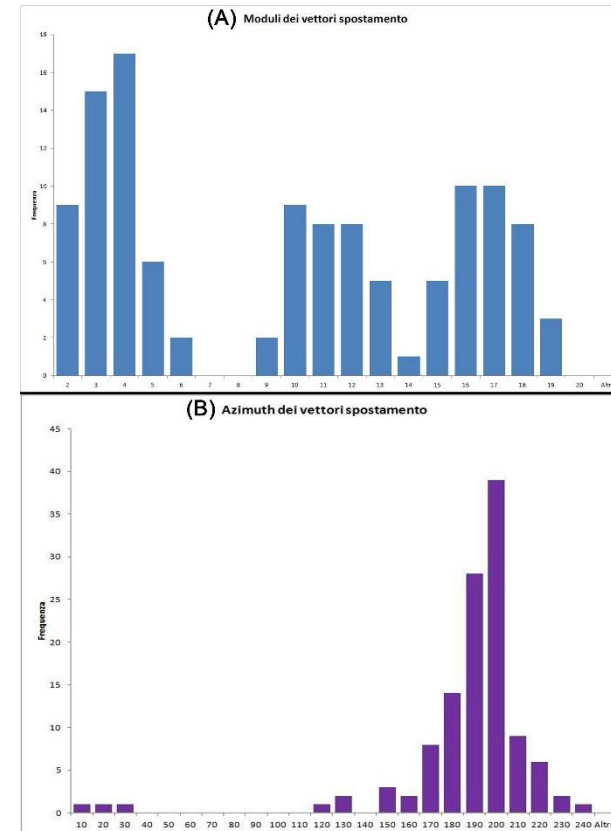
Un aspetto molto importante, soprattutto per il monitoraggio, è l'analisi vettoriale degli spostamenti superficiali. Valutando le variazioni planoaltimetriche pre e post evento e la conseguente distribuzione dei vettori di spostamento superficiale, è possibile una prima classificazione delle tipologie di movimento, fornendo inoltre indicazioni circa la possibile profondità della superficie di rottura.



Sono stati campionati 118 punti per i quali, il vettore spostamento è risultato dell'ordine del metro, considerando le potenziali fonti di imprecisione insite nel metodo, e anche per quanto riguarda gli azimuth i valori sono approssimati al grado intero.

Analisi di distribuzione statica

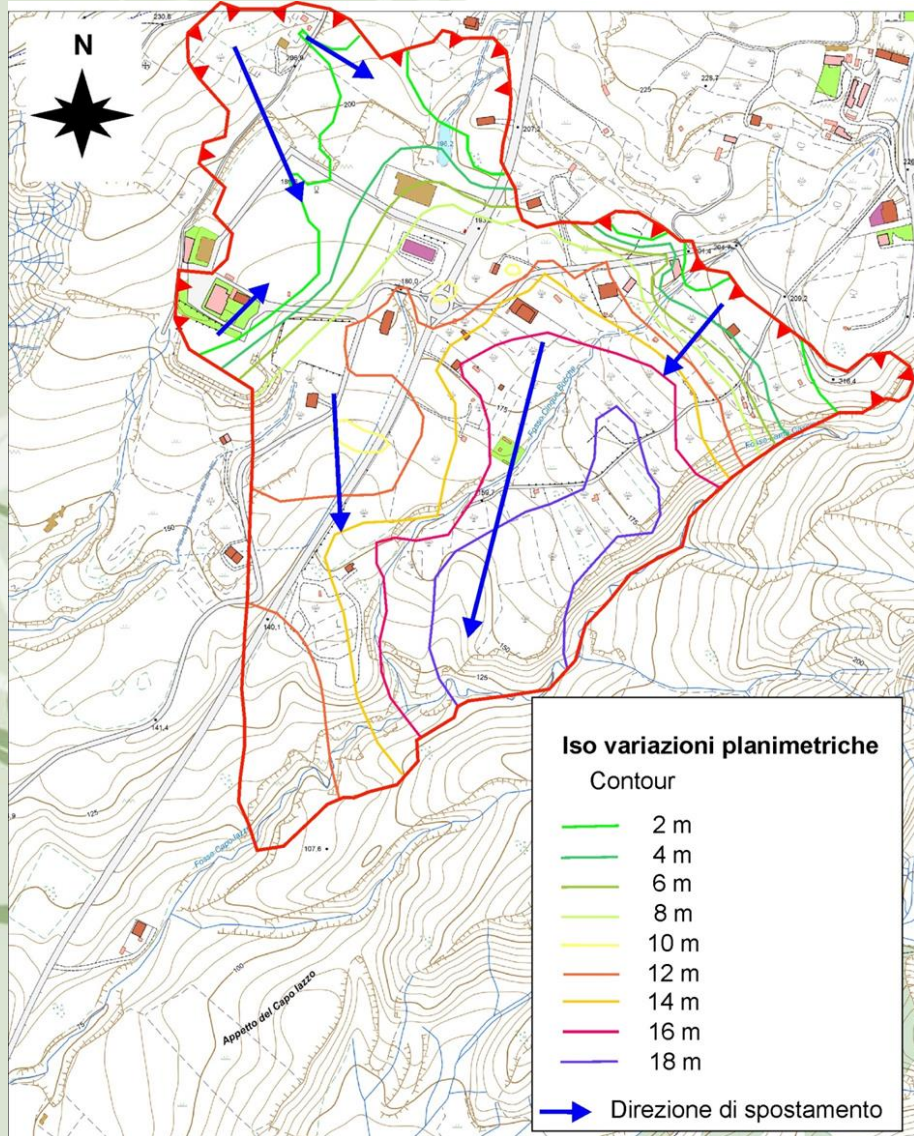
L'ISPRA, una volta ottenuti i vettori spostamento, ha eseguito un'analisi di distribuzione statistica degli stessi, relativa sia a tutta l'area coinvolta sia ai singoli settori dell'area in frana. Per cui sono stati valutati i moduli e le direzioni (azimuth) di tali vettori dai quali sono stati ricavati degli istogrammi utili per trovare tutti i dati necessari.



Dall'istogramma relativo ai moduli dell'intera area è possibile notare la presenza di due aree che si sono spostate in modo differente.

Dagli istogrammi relativi agli azimuth si nota che questi ultimi si trovano quasi tutti attorno al valore di 190° (direzione sud).

Individuazione delle curve di eguale spostamento planimetrico del corpo di frana e direzioni assunte dai vettori spostamento.



Settore Centro Meridionale

Si evidenzia un'importante uniformità della direzione dei vettori spostamenti, per cui è possibile ipotizzare una superficie di rottura profonda e un fenomeno franoso di grandi dimensioni.



Settore N-W

Si rileva una notevole differenza dei dati relativi ai moduli dei vettori spostamento e delle differenze di quota rispetto al resto dell'area




Settore N-E

Sono presenti una serie di scarpate e controscarpate che individuano delle zone ribassate (graben). Per ciò che concerne i vettori spostamento, i loro moduli hanno la tendenza ad aumentare progressivamente in direzione sud-ovest e la loro direzione tende a variare sempre in direzione sud-ovest.



Conclusioni

- Causa occasionale innescante: piogge prolungate nell' arco temporale di circa 56 ore continuative. Innesco in una zona già in passato interessata da una franosità diffusa (storica) con fenomeni roto-traslativi analoghi a quelli presi in esame.
- Analisi fotointerpretativa comparata: valutazione delle differenze di quote pre e post evento e ricostruzione della geometria dell'area coinvolta dalla frana.
- Analisi cinematica degli spostamenti superficiali: uniformità della direzione dei vettori spostamento, con movimenti orizzontali dell'ordine massimo fino a 19 metri. Nel settore nord-ovest del corpo di frana gli spostamenti sono più contenuti (valori massimi dell'ordine di 5-6 metri).
- L' analisi cinematica degli spostamenti ha consentito di ipotizzare la formazione di una superficie di rottura profonda lungo la quale si è avuto il movimento che, a sua volta, ha determinato, nella zona della testata, la formazione di un graben (confermato dalla presenza di un quadro fessurativo complesso con fratture al suolo numerose e di notevole estensione planimetrica).
- L'intero studio, che si è avvalso oltre che delle indagini in sito eseguite dall'ISPRA, anche di rilievi effettuati mediante drone, ha fornito indicazioni sulle cause d'innescò e le caratteristiche cinematiche della frana, utili per ricostruire scenari di evento e per fornire un supporto alla pianificazione di eventuali interventi di stabilizzazione.



Grazie per l'attenzione