

SHORT-TERM MOBILITY 2013

RELAZIONE SCIENTIFICA

“Definizione della pericolosità da debris flows nei bacini incendiati e sistemi di monitoraggio sperimentali”

“Debris flows hazard assessment in burned basins and experimental monitoring systems”

Giuseppe Esposito

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero

TEL.: +39 081 5423834

FAX.: +39 081 5423811

giuseppe.esposito@iamc.cnr.it

Istituzione ospitante:

USGS (U.S. Geological Survey) - Geologic Hazards Science Center, Golden, Colorado (USA)

Ricercatore di riferimento:

Jason Kean (Research Hydrologist – USGS Landslide Hazards Program)

Periodo:

18 novembre 2013 – 9 dicembre 2013

1. Introduzione

Gli incendi boschivi rappresentano uno dei gravi problemi ambientali che caratterizzano il territorio italiano così come quello di altri paesi europei dell'area peri-mediterranea, in quanto provocano seri danni agli



Figura 1 - Flusso di fango sviluppatosi nell'area interessata dall'incendio del Monte Pertuso - Positano (SA) - durante il temporale del 13/09/2012. L'immagine mostra il flusso alla sezione di chiusura del bacino mentre deposita in mare il materiale trasportato, invadendo anche una parte della spiaggia. (foto da www.positanonews.it)



Figura 2 - Sistema di rills individuato nell'area interessata dall'incendio del Vallone Sant'Angelo - Sarno (SA) - dopo la precipitazione temporalesca del 6/9/2012. Il sistema è impostato negli orizzonti A e B dell'andosuolo che caratterizza quest'area.

ecosistemi coinvolti, con gravi conseguenze ecologiche e socio-economiche.

Nel 2012, il Corpo Forestale dello Stato ha registrato 8274 incendi che hanno bruciato 130,799 ha di superficie boscata e non boscata del territorio italiano (CFS, 2013).

La Campania è stata la seconda regione con il più alto numero di incendi (1186) e con una superficie percorsa dal fuoco di 8099 Ha. Nel mese di settembre 2012, ovvero successivamente al periodo di massima frequenza degli incendi, il territorio campano è stato interessato da una serie di precipitazioni temporalesche brevi ed intense. Lungo alcuni versanti percorsi dal fuoco, le precipitazioni hanno innescato dei particolari processi erosivi che risultano ben documentati nel panorama scientifico internazionale (Cannon and Gartner, 2005; Shakesby and Doerr, 2006; Moody et al., 2013) ma meno in Italia. Tali processi hanno contribuito alla formazione di flussi iperconcentrati e debris flows che hanno interessato i comuni costieri di Positano (SA), Castellamare di Stabia (NA) e Vico Equense (NA), ricadenti nella penisola sorrentino-amalfitana (Fig.1), ed il comune di Sarno (SA). E' stato verificato che allo sbocco di bacini idrografici interessati dagli incendi si

sono verificati processi di alluvionamento che hanno coinvolto anche alcune zone abitate, danneggiando strutture ed infrastrutture senza provocare vittime o feriti; allo sbocco di quelli limitrofi non incendiati, invece, non si è verificato alcun processo deposizionale.

2. Il progetto di ricerca

L'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero di Napoli, nell'ambito delle proprie attività istituzionali, analizza i rischi geologici che caratterizzano le aree marine e costiere della Campania. Successivamente ai fenomeni alluvionali del 2012, è stata intrapresa una linea di ricerca inerente lo studio degli effetti diretti degli incendi boschivi sui suoli e sulle rocce dei versanti peri-vesuviani, e degli effetti indiretti quali processi di erosione



Figura 3 - Materiale depositato dal flusso rapido sviluppatosi in seguito al temporale del 6 settembre 2012. L'immagine mostra il fronte del deposito allo sbocco del vallone Sant'Angelo - Sarno (SA).

del suolo, frane e debris flows, con i rischi connessi. L'area di Sarno, interessata dall'incendio del Vallone Sant'Angelo il 4 agosto 2012 e poi dalla precipitazione temporalesca del 6 settembre 2012, è stata presa in considerazione per uno studio pilota volto alla caratterizzazione dei processi erosivi che solitamente, durante le piogge, interessano i suoli di natura piroclastica (andosoli) percorsi dagli incendi boschivi (Fig. 2), ed i relativi processi di trasporto e deposito (Fig.3).

Attraverso il programma STM 2013 è stato svolto un soggiorno di ricerca presso il Geologic Hazards Science Center dell'U.S. Geological Survey (USGS), Colorado-USA (Fig.4).

Le attività sono state svolte in collaborazione con i ricercatori del Landslide Hazards Program,

(Susan Cannon, Jeffrey Coe, Jason Kean, Deborah Martin, John Moody, Dennis Staley) che si occupano da diversi anni dello studio dei post-fire debris flows negli USA, inteso come studio dei fattori che condizionano l'insorgere e l'evoluzione dei flussi, tra cui le precipitazioni, i processi di erosione del suolo e di runoff, ed i sistemi di monitoraggio ed early warning per la mitigazione del rischio negli abitati localizzati a valle delle aree incendiate.

Il programma STM 2013 ha consentito di affrontare ed approfondire diverse problematiche connesse allo studio dei processi post-fire in Campania. Nello specifico, sono stati analizzati e discussi i dati raccolti nell'area pilota di Sarno e nelle altre aree campane, con l'obiettivo di migliorare la caratterizzazione dei processi rilevati ed orientare il prosieguo della ricerca, sia per quanto riguarda le stime di hazard che nell'ottica della mitigazione del rischio. Per tale scopo, sono state confrontate le situazioni osservate in Campania con alcuni casi-studio americani, tra cui la recente alluvione che nel settembre 2013 ha interessato la zona pedemontana del Front Range, nei dintorni di Boulder, Colorado, riconoscendo numerose similitudini, sia inerenti i processi fisici che le situazioni di rischio. Una parte dei risultati ottenuti, inoltre,

potrà essere impiegata per l'estensione del progetto di ricerca ad aree di altre regioni del centro-sud Italia, dove l'elevata frequenza degli incendi nel periodo estivo e la presenza di versanti con caratteristiche geomorfologiche predisponenti all'innescò dei flussi rapidi durante le precipitazioni temporalesche, definiscono un certo grado di rischio per gli abitati delle fasce pedemontane.

3. Attività svolte

In prima istanza sono stati confrontati i processi osservati in Campania con quelli americani per individuare similitudini e differenze. Tale attività è stata supportata dai ricercatori dell'USGS anche attraverso la fornitura di una serie di articoli scientifici utili all'approfondimento dei dati già raccolti.



Figura 4 - La sede dell'USGS di Golden, CO.

I confronti hanno evidenziato che, indipendentemente dalle caratteristiche geologiche, pedologiche e vegetazionali, lungo versanti ad elevata pendenza (35° circa) interessati da incendi di medio-alta severità, le precipitazioni temporalesche con intensità di alcune decine di mm/h innescano simili processi erosivi (rainsplash, rills, sheet flows) che spesso alimentano flussi di fango e detrito verso valle (Meyer and Wells, 1997; Shakesby and Doerr, 2006; Parise and Cannon, 2012).

Successivamente, si è passati all'analisi dei sensori utilizzati in alcuni bacini degli USA per il monitoraggio

delle precipitazioni, dei processi di runoff lungo i versanti e dei flussi nelle zone vallive (Kean et al., 2011). Attraverso numerose discussioni che hanno riguardato i sistemi di early warning attivi negli USA (Cannon et al., 2011) e la visita dei laboratori a disposizione della sede USGS di Boulder, dove si è avuta la possibilità di comprendere i meccanismi di funzionamento dei sensori utilizzati, è stato progettato un piano speditivo di monitoraggio applicabile ad alcuni bacini campani per osservare e/o prevedere la formazione di flussi rapidi post-fire. Si tratta di un sistema misto, composto da pluviometri per la misura della pioggia, sensori per la misura dei principali parametri idraulici e geotecnici del suolo, e sensori per il rilevamento dei processi di runoff (Schmidt et al., 2011; Moody and Ebel, 2012). Probabilmente, con uno sviluppo della ricerca e l'integrazione con sistemi elettronici di allarme, il progetto considerato potrebbe costituire la base per un valido sistema di early warning.



Figura 5 – Tombatura di un canale di drenaggio nell'area di Manitou Springs, CO, interessata da 3 alluvioni nel 2013. (Foto: USGS)

Per quanto riguarda gli elementi antropici che influiscono sulla definizione dei livelli di rischio, sono stati analizzati nel dettaglio tutti i manufatti che sia in

Italia che negli USA condizionano l'evoluzione e gli effetti dei debris flows nei pressi dei centri abitati, quali

alvei tombati, alvei canalizzati che comportano la deviazione o il restringimenti delle aste di drenaggio, alvei-strada, ed attraversamenti stradali o pedonali caratterizzati da una luce non sufficiente a consentire il passaggio di flussi di elevata energia e magnitudo come quelli oggetto di studio (Fig. 5).



Figura 6 – Rilevamento del debris flow verificatosi nella Left Hand Valley, CO. L'immagine rappresenta un tratto del canale di drenaggio interessato dal transito del debris flow.

L'ultima fase ha riguardato l'applicazione del modello di Cannon et al., 2010, per la stima delle probabilità di innesco e dei volumi mobilizzabili connessi ai post-fire debris flows nei bacini campani interessati dagli eventi del 2012, con lo scopo di verificare tramite una back analysis l'applicabilità dei modelli alle aree oggetto di studio. Per quanto riguarda l'applicazione del modello di probabilità sono stati ottenuti valori compresi tra l'85% ed il 99%,



Figura 7 - Rilevamento di una delle frane verificatesi nella zona di Rulston Buttes, Golden, CO.

risultando in accordo con quanto realmente accaduto. Le stime dei volumi mobilizzabili, invece, hanno restituito valori con ordini di grandezza di gran lunga superiori a quelli reali, in quanto il modello utilizzato considera l'accadimento di tipici processi di debris flows con trasporto di materiale grossolano, e non flussi composti da materiale più fine tipo lahar, tipici delle aree campane considerate.

Nell'ambito del programma, inoltre, sono state dedicate alcune giornate al rilievo di alcuni dissesti verificatisi durante la catastrofica alluvione del settembre 2013 (Godt et al., 2013). In particolare, sono state rilevate: le caratteristiche morfometriche dell'area di innesco del debris flow avvenuto nella Left Hand Valley (Fig. 6), e dei relativi effetti a valle; rilievi fotografici e morfometrici di alcuni fenomeni franosi di varia tipologia verificatisi nell'area di Rulston Buttes (Fig. 7), nei pressi dell'abitato di Golden; visita dell'area interessata dal Fourmile Fire del 2010 (Fig. 8), anch'essa interessata da processi di debris flows durante la suddetta alluvione. Il rilievo dei fenomeni di debris flows è stato molto utile sia per la comprensione dei meccanismi di innesco che di trasporto e deposito. Questi ultimi, infatti, sono indipendenti dagli effetti degli incendi e perciò simili per i debris flows che avvengono nelle aree incendiate e non incendiate.

4. Risultati ottenuti

Il soggiorno ha consentito di ottenere diversi tipi di risultati che saranno estremamente utili per la continuazione del progetto di ricerca. Le escursioni realizzate nelle aree interessate dall'alluvione del



Figura 8 – Foto panoramica di uno dei bacini ricadenti nell'area bruciata dal Fourmile Fire nel 2010. La foto è stata scattata dalla zona di innesco di un debris flow attivatosi durante l'alluvione del settembre 2013.



Figura 9 - Un'abitazione localizzata sulla sponda di un alveo torrentizio, e distrutta da un debris flow durante l'alluvione del settembre 2013. L'immagine evidenzia come anche negli USA vi siano edifici nelle zone di pertinenza dei processi fluvio-torrentizi, in forti situazioni di rischio.

settembre 2013 e lo studio di alcuni eventi post-fire analizzati dai ricercatori dell'USGS hanno consentito di verificare che l'Italia e la zona occidentale degli USA, in riferimento al rischio idrogeologico, presentano simili problematiche di Protezione Civile (Fig. 9) anche se di proporzioni diverse. In particolar modo, è stato rilevato che in entrambi i paesi la sequenza di eventi che inizia con gli incendi boschivi di medio-alta severità e termina con debris/hyperconcentrated flows è regolata da simili processi idrologici e geomorfologici. Un ulteriore elemento in comune, purtroppo, è il difficile raccordo tra gli enti di

ricerca scientifica che si interessano dello studio dei rischi geologici e le autorità di Protezione Civile. Ciò è stato ben evidenziato dalle tre alluvioni verificatesi presso l'abitato di Manitou Springs, CO, durante il 2013, a valle dell'area interessata dall'incendio del Waldo Canyon che nel 2012 ha bruciato 72 km² di superficie. In seguito ai tre eventi alluvionali, di cui due hanno interessato un'autostrada, una persona ha perso la vita mentre altre tre sono rimaste ferite. In tali occasioni, nonostante il forte rischio segnalato dopo l'incendio, le autorità governative locali non hanno provveduto a dotarsi di un sistema di early warning, né di un piano di emergenza speditivo per la mitigazione del rischio.

Lo studio degli eventi di Manitou Springs ha consentito di verificare che, così come in Italia, spesso i danni vengono amplificati da strutture antropiche che non agiscono a vantaggio di sicurezza per la popolazione ma aumentano il rischio. I numerosi dati forniti dai ricercatori

dell'USGS in riferimento ai tre eventi saranno elaborati per realizzare un confronto delle problematiche di rischio che mettono in comune tale area con quella delle zone pedemontane dei rilievi peri-vesuviani, e trarne delle indicazioni utili per la gestione delle emergenze e la mitigazione del rischio.

Per quanto riguarda gli obiettivi raggiunti con l'analisi dei dati proposti, le numerose discussioni relative ai processi in questione hanno consentito di migliorare ed ultimare un articolo scientifico inerente l'evento di Sarno (Esposito et al., in prep.), in cui sono stati descritti tutti i processi erosivi rilevati lungo il versante percorso dall'incendio del 4 agosto 2012 e poi interessato dalla precipitazione temporalesca del 6 settembre 2012, sono state definite le caratteristiche sedimentologiche di alcuni campioni di suolo incendiati, confrontate poi con quelle di altri campioni prelevati nelle aree non bruciate, e le caratteristiche sedimentologiche del deposito rinvenuto allo sbocco del bacino idrografico del vallone Sant'Angelo, messo in posto dal flusso rapido che ha caratterizzato l'evento del 6 settembre. L'applicazione del modello di Cannon et al., 2010 ha consentito di acquisire una base di partenza per sviluppare ulteriori modelli finalizzati alla definizione delle probabilità di innesco di debris/hyperconcentrated flows nei bacini incendiati, oltre che la possibilità di poter adattare il modello stesso alle condizioni che controllano l'innesco dei processi nelle aree campane. La stima delle probabilità di innesco sarà propedeutica all'applicazione in via sperimentale del progetto di monitoraggio predisposto durante la visita e finalizzato al rilevamento dell'innesco e della propagazione di flussi rapidi post-fire nei bacini campani, in cui in futuro potrebbe riproporsi questo tipo di hazard. L'implementazione del sistema di monitoraggio sarà realizzata seguendo le indicazioni acquisite durante la visita, così come la valutazione dei dati ottenuti sarà discussa con i ricercatori dell'USGS per ulteriori confronti.

Riferimenti bibliografici

Cannon, S.H., Boldt, E.M., Laber, J.L., Kean, J.W., Staley, D.M.: Rainfall intensity–duration thresholds for postfire debris-flow emergency-response planning, *Natural Hazards*, 59, 209–236, doi:10.1007/s11069-011-9747-2, 2011.

Cannon, S.H., Gartner, J.E., Rupert, M.G., Michael, J.A., Rea, A.H., Parrett, C.: Predicting the probability and volume of post wildfire debris flows in the intermountain western United States, *Geological Society of America Bulletin*, 122, 127-144, 2010.

Cannon, S.H., Gartner, J.E.: Wildfire-related debris flow from a hazards perspective, in: Hungr, O., Jakob, M. (Eds.), *Debris-Flow Hazards and Related Phenomena*, Springer-Praxis Books in Geophysical Sciences, Chichester, UK, 321–344, 2005.

CFS (Corpo Forestale dello Stato): Incendi boschivi anno 2012 - dati definitivi e analisi dell'attività di prevenzione e contrasto. Available on-line at: <http://www3.corpoforestale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/7748>, 2013.

Godt, J.W., Coe, J.A., Kean, W.J., Baum, R.L., Jones, E.S., Harp, E.L., Staley, D.M., Barnhart W.D.: Landslides in the northern Colorado Front Range caused by rainfall between September 9 and 13, 2013, available at: http://landslides.usgs.gov/Landslide_N_CO_FR_USGS.pdf, 2013.

Kean, J.W., Staley, D.M., Cannon, S.H.: In situ measurements of post-fire debris flows in southern California: Comparisons of the timing and magnitude of 24 debris-flow events with rainfall and soil moisture conditions, *Journal of Geophysical Research*, 116, F04019, <http://dx.doi.org/10.1029/2011JF002005>, 2011.

Meyer, G.A. and Wells, S.G.: Fire-related sedimentation events on alluvial fans, Yellowstone National Park, U.S.A., *J. Sediment. Res.*, 67, 776-791, 1997.

Moody, J.A., Shakesby, R.A., Robichaud, P.R., Cannon, S.H., Martin, D.A.: Current research issues related to post-wildfire runoff and erosion processes, *Earth Sci. Rev.*, 122, 10-37, <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.03.004>, 2013.

Moody, J.A. and Ebel, B.A.: Hyper-dry conditions provide new insights into the cause of extreme floods after wildfire, *Catena*, 93, 58-63, doi:10.1016/j.catena.2012.01.006, 2012.

Parise, M. and Cannon, S.H.: Wildfire impacts on the processes that generate debris flows in burned watersheds, *Nat. Hazards*, 61, 217-227, doi: 10.1007/s11069-011-9769-9, 2012.

Schmidt K.M., Hanshaw, M.N., Howle, J.F., Kean, J.W., Staley, D.M., Stock, J.D., Bawden G.W.: Hydrologic conditions and terrestrial laser scanning of post-fire debris flows in the San Gabriel Mountains, CA, U.S.A., in: *Debris-flow Hazards Mitigation, Mechanics, Prediction, and Assessment*, R. Genevois, D. L. Hamilton, A. Prestininzi, eds., Casa Editrice Università La Sapienza, Rome, 583-593, doi:10.4408/IJEGE.2011-03.B-064, 2011.

Shakesby, R.A. and Doerr, S.H.: Wildfire as a hydrological and geomorphological agent, *Earth Sci. Rev.*, 74, 269-307, doi:10.1016/j.earscirev.2005.10.006, 2006.

Giuseppe Esposito
Assegnista di Ricerca
CNR-IAMC Napoli