MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA

Programmi di ricerca cofinanziati - Modello E
Relazione scientifica conclusiva sui risultati di ricerca ottenuti - ANNO 2007
prot. 2007LE8ZC5

1. Area Scientifico Disciplinare principale	*08: Ingegneria civile ed Architettura*
2. Coordinatore Scientifico del programma di ricerca	*CASCINI Leonardo*
- Università	*Università degli Studi di SALERNO*
- Facoltà	*Facoltà di INGEGNERIA*
- Dipartimento/Istituto	*Dip. INGEGNERIA CIVILE*
3. Titolo del programma di ricerca	*Analisi e zonazione della suscettibilità e pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma)*
4. Settore principale del Programma di Ricerca:	*ICAR/07*
5. Costo originale del Programma:	*469.300 €*
6. Quota Cofinanziamento MIUR:	*198.000 €*
7. Quota Cofinanziamento Ateneo:	*84.863 €*
8. Finanziamento totale:	*282.863 €*
9. Durata:	*24 mesi*

10. Obiettivo della ricerca eseguita

L'obiettivo principale del Progetto è quello di fornire criteri e metodi avanzati a livello internazionale per la zonazione della suscettibilità e pericolosità da frane innescate da piogge o sisma, congruenti con le diverse scale di rappresentazione del territorio (1:100.000 - 1:2.000). Tale obiettivo si è perseguito attraverso un percorso metodologico innovativo all'interno del quale si sono collocati organicamente gli studi sulla caratterizzazione del comportamento meccanico alla scala dell'elemento di volume rappresentativo (REV), quelli rivolti alla risposta meccanica del singolo pendio ed, infine, quelli orientati all'oggettivazione dei fattori predisponenti e delle cause innescanti la franosità su aree di notevole estensione. Per il conseguimento di risultati significativi, anche ai fini di una loro immediata ed efficace utilizzazione da parte degli Enti territorialmente competenti, l'approccio adottato, testato in aree campione sede di frane rappresentative, è stato contraddistinto da una marcata multidisciplinarietà.

11. Descrizione della Ricerca eseguita e dei risultati ottenuti

Le attività di studio e di ricerca svolte dalle cinque Unità di Ricerca (UR) partecipanti al Progetto nel corso dei due anni di cofinanziamento ministeriale hanno riguardato l'analisi e la zonazione della suscettibilità e della pericolosità di: frane a cinematica rapida innescate da piogge intense (Tema 1); frane sismo-indotte (Tema 2); frane a cinematica lenta che coinvolgono terreni fortemente tettonizzati (Tema 3).
In armonia con la tempistica iniziale del programma, le attività si sono sviluppate nelle seguenti sei fasi, non necessariamente sfalsate da un punto di vista temporale:
- Fase 1: analisi della letteratura scientifica/documentazione tecnica su: i) definizioni e terminologia, ii) metodi di zonazione proposti in ambito scientifico, iii) metodi di zonazione adottati in ambito tecnico;
- Fase 2: assunzione delle definizioni e della terminologia di riferimento e proposte metodologiche per la definizione di criteri di zonazione;
- Fase 3: scelta degli areali e delle scale di riferimento, messa a punto delle procedure e acquisizione dei dati di input;
- Fase 4: calibrazione e validazione delle procedure negli areali di riferimento;
- Fase 5: zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frana negli areali di riferimento;
- Fase 6: proposte di omogeneizzazione, a piccola e a media scala, dei metodi di zonazione adottati in ambito tecnico e definizione dei criteri di zonazione.
Con riferimento alla Fase 1, l'ampio studio svolto ha consentito di verificare che, in ambito tecnico-scientifico, non esiste una terminologia condivisa a livello internazionale e che a termini quali "zonazione", "suscettibilità" e "pericolosità" non è sempre attribuito lo stesso significato.
Con riferimento, invece, ai metodi di zonazione proposti in ambito scientifico, l'analisi della letteratura specialistica ha evidenziato che tali metodi si avvalgono di procedure che si differenziano in dipendenza della scala di riferimento e che possono raggrupparsi in analisi euristiche, statistiche e deterministiche.
Per ciò che riguarda, infine, i metodi di zonazione proposti in ambito tecnico l'UR n. 1 (Università di Salerno) ha condotto uno studio rivolto all'analisi delle procedure adottate dalle Autorità di Bacino presenti sul territorio italiano nell'ambito dei Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rischio da frana (PsAI-Rf) di cui alla Legge nazionale 365/2000. A tal fine, si sono reperiti gli elaborati cartografici e le relative relazioni di accompagnamento dei PsAI-Rf di 31 Autorità di Bacino, su un totale di 36, il cui territorio di competenza copre il 97% del territorio nazionale (ovvero circa 300.000 kmq). Dai dati raccolti si è evinto che la zonazione è stata affrontata dalle diverse Autorità di Bacino con metodologie non sempre tra loro confrontabili. Ne è scaturita una cartografia della suscettibilità e della pericolosità da frana disomogenea, per quanto riguarda i criteri e le scale di rappresentazione, e che non è valutabile con riferimento al livello di zonazione. Si è palesata, quindi, l'esigenza di procedere - nelle fasi successive della ricerca - alla valutazione dei PsAI-Rf a partire da un criterio unificatore nonché alla definizione di standard per la omogeneizzazione delle procedure.
Al termine della Fase 1, dopo un ampio confronto che ha coinvolto tutte le UR, si è ritenuto di poter assumere, con riferimento alla terminologia, le classifiche dei fenomeni franosi proposte da Cruden e Varnes (1996) e Hungr et al. (2001), nonché la schematizzazione geotecnica avanzata da Leroueil et al. (1996) che introduce le fasi di movimento dei fenomeni franosi. Per ciò che riguarda, invece, le definizioni si sono assunte quelle suggerite nelle "Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning" (Fell et al., 2008) di cui è co-autore il Prof. Leonardo Cascini, coordinatore scientifico del Progetto. Tali definizioni sono state ulteriormente specializzate in dipendenza degli obiettivi della zonazione, a loro volta legati alla scala di rappresentazione, nonché della tipologia dei fenomeni franosi di interesse, della loro fase di movimento e della causa responsabile dell'innesco.
Allo stesso modo, le proposte metodologiche per la zonazione sono state concepite alla luce di quanto suggerito dalle Guidelines che, più generalmente, forniscono i criteri per l'analisi e la zonazione della suscettibilità, della pericolosità e del rischio da frana distinguendo: i) quattro scale di analisi e di rappresentazione (piccola, media, grande e di dettaglio) unitamente ai relativi obiettivi da perseguire; ii) tre metodi di zonazione (di base, intermedio e avanzato); iii) tre livelli di zonazione

(preliminare, intermedio e avanzato).
Grazie alle Guidelines si è potuto verificare, con riferimento ai PsAI-Rf per i quali è stata prodotta la cartografia della suscettibilità e/o della pericolosità da frana, che le Autorità di Bacino si sono prevalentemente avvalse di metodi di base, pervenendo ad una zonazione di livello preliminare.
Per ciò che riguarda la Fase 3 (ovvero quella nella quale si sono definite le modalità di utilizzo dei criteri forniti dalle Guidelines), gli areali di riferimento, come pure le procedure e i dati di input necessari, si sono differenziati in relazione alla scala di studio e al tema di interesse.
Con particolare riferimento al tema delle frane innescate da piogge intense (Tema 1), si sono privilegiate tre scale di analisi e di rappresentazione (piccola, media e grande), senza per questo trascurare l'importanza degli studi da condurre alla scala dell'elemento di volume.
Per ciò che concerne gli studi a piccola scala (1:100.000) l'areale di riferimento scelto corrisponde alla porzione di territorio della regione Campania in cui sono presenti coltri di origine piroclastica. Al fine di enucleare le relazioni che si stabiliscono tra i fattori che predispongono all'accadimento di colate rapide di fango in tale areale e i fenomeni occorsi nel passato, l'UR n. 1 ha messo a punto due procedure originali, rispettivamente di tipo euristico e di tipo statistico. Le procedure richiedono la preliminare individuazione di Unità Territoriali di Riferimento (UTR) che, nella fattispecie, si sono fatte coincidere con porzioni di territori comunali omogenee per litologia del substrato (solo nel caso di utilizzo di procedure euristiche) ovvero con il bacino elementare (per entrambe le procedure adottate). A partire da tali assunzioni si è, quindi, proceduto, in ambiente GIS, alla delimitazione delle UTR nonché alla redazione della "carta degli eventi di colata rapida occorsi nel passato", al fine di individuare il sottoinsieme delle UTR interessate nel passato dai fenomeni di interesse ai fini dello studio.
La procedura euristica è stata testata in una sub-area di calibrazione, validata in un'altra sub-area ed, infine, esportata all'intera area di studio (Fase 4). Dai risultati ottenuti è emerso che la litologia del substrato rappresenta, alla scala di lavoro, uno dei principali fattori predisponenti l'innesco delle colate rapide di fango. La zonazione ottenuta (Fase 5), di livello preliminare, in accordo alle Guidelines si avvale di descrittori per distinguere i livelli di suscettibilità che competono alle diverse UTR.
Per ciò che concerne la procedura di tipo statistico (rientrante nei metodi intermedi) occorre premettere che la "carta degli eventi di colata rapida occorsi nel passato" rappresenta un tematismo necessario per calibrare e validare (Fase 4) la relazione funzionale tra la suscettibilità del territorio all'innesco delle colate rapide di fango e tematismi territoriali di tipo topografico e di tipo geologico, questi ultimi forniti dall'UR n. 5 (Università di Napoli "Federico II"). I risultati delle analisi mostrano correlazioni, ancorché modeste, tra la carta degli eventi, la natura del substrato e la pendenza dei versanti all'interno dei bacini. La zonazione ottenuta (Fase 5), di livello intermedio, consente di enucleare tre diverse classi di suscettibilità all'innesco di colate rapide di fango.
Per ciò che riguarda, infine, le analisi di frequenza, necessarie per la stima della pericolosità, le attività svolte rientrano ancora nei metodi di base e si sono avvalse della disponibilità di un catalogo di dati storici dei fenomeni di colata rapida che, dal 1540 ad oggi, hanno interessato - all'interno dell'areale di riferimento - le UTR corrispondenti alle porzioni di territori comunali omogenee per litologia del substrato. I risultati delle analisi svolte (Fase 4), propedeutici ad una zonazione della pericolosità di livello preliminare (Fase 5), evidenziano che nelle aree in cui è stata riconosciuta la maggiore suscettibilità - tra cui si citano i territori comunali della Costiera Amalfitana - è possibile distinguere due livelli di pericolosità. La pericolosità maggiore si associa ad eventi attesi di intensità e periodo di ritorno confrontabili a quella degli eventi che nel passato hanno determinato gravi conseguenze in termini di perdita di vita umana.

Per gli studi a media scala (1:25.000) si è preso a riferimento un areale di estensione pari a circa 60 kmq, corrispondente al comprensorio del rilievo carbonatico del Pizzo d'Alvano che è stato interessato, nel maggio del 1998, dal contemporaneo verificarsi di circa 100 eventi di colata rapida di fango. Ai fini della zonazione a media scala della suscettibilità all'innesco, anche in questo caso l'UR n. 1 ha messo a punto due procedure originali.
La prima procedura, di tipo euristico, si è basata sull'utilizzo di due differenti UTR corrispondenti a unità geomorfologiche ovvero a celle elementari (di forma quadrata, con lato pari a 25 m). Le analisi svolte hanno portato in conto sia parametri rappresentativi dei fattori predisponenti sia informazioni relative ai meccanismi d'innesco osservati in eventi occorsi nel passato. I risultati ottenuti hanno, tra l'altro, evidenziato come nel caso dei meccanismi M1 che hanno sede all'interno di bacini di ordine zero la suscettibilità all'innesco è principalmente da associare alla presenza di immissioni idriche dal substrato carbonatico verso le coltri piroclastiche.
Con riferimento alla zonazione della suscettibilità rispetto all'invasione si è fatto uso di un approccio empirico. I risultati conseguiti evidenziano una diversa mobilità delle frane in dipendenza della tipologia di versante e del meccanismo d'innesco.
La seconda procedura, di tipo statistico, è consistita nella applicazione di tecniche multivariate su UTR corrispondenti a celle di forma quadrata. I risultati delle analisi svolte per il meccanismo d'innesco M1, mostrano che i fattori predisponenti più significativi sono la pendenza e la distanza dalle immissioni idriche dal substrato carbonatico verso le coltri piroclastiche. La zonazione ottenuta (Fase 5), livello intermedio, consente direttamente di enucleare le aree suscettibili o non suscettibili all'innesco di colate rapide di fango.
Per ciò che concerne, infine, le analisi di frequenza, le attività - svolte con l'ausilio di un metodo di base - si sono concentrate sui dati storici di fenomeni di colata rapida che, dal 1625 ad oggi, hanno interessato i bacini presenti sui versanti del Pizzo d'Alvano. I risultati ottenuti (Fase 4), propedeutici ad una zonazione della pericolosità di livello preliminare (Fase 5), hanno consentito di stabilire quattro livelli di pericolosità, ai quali sono stati associati idonei descrittori di pericolosità.

Per lo stesso areale di riferimento, ai fini della zonazione di un livello avanzato della suscettibilità all'innesco, si sono testati a grande scala (1:5.000) alcuni metodi deterministici in grado di fornire valutazioni quantitative sulle condizioni di stabilità delle coltri in aree di rilevante estensione (Fase 4). In particolare, si è fatto ricorso ai modelli fisicamente basati denominati SHALSTAB e TRIGRS i quali, pur adottando condizioni di totale saturazione per il pendio, contemplano una differente modellazione del regime delle pressioni neutre. L'affidabilità dei risultati ottenuti è stata verificata con riferimento a sei tipici meccanismi d'innesco, riconosciuti sulla base di studi pregressi.
Dai risultati delle analisi (Fase 5) - svolte anche con il contributo delle risultanze di indagini geofisiche condotte dalle UR n. 3 (Politecnico di Torino) e n. 5 - è emerso che entrambi i modelli consentono di simulare le aree di innesco effettivamente osservate nel maggio 1998, anche se i risultati derivanti dall'applicazione del codice TRIGRS sono molto più soddisfacenti rispetto a quelli forniti da SHALSTAB. Tale circostanza è da porre in relazione con l'assunzione, in quest'ultimo modello, di un regime delle pressioni neutre esclusivamente di tipo stazionario.
A partire dai risultati conseguiti si sono, quindi, stimate le aree che possono essere sede di fenomeni di instabilità, con riferimento a piogge di assegnata intensità e periodo di ritorno. E' appena il caso di osservare che la procedura proposta, oltre a consentire l'analisi e la zonazione (Fase 5) della pericolosità, permette di stimare, attraverso analisi a ritroso, anche i valori dell'intensità di pioggia cui corrispondono, per fissate condizioni iniziali e per un determinato periodo di ritorno dell'evento pluviometrico, assegnate porzioni di aree instabili.
Con riferimento, infine, alle attività volte all'analisi, alla scala dell'elemento di volume, del comportamento dei materiali coinvolti nelle colate rapide di fango, gli studi e le ricerche hanno prevalentemente riguardato la definizione dei fattori che preludono al verificarsi del fenomeno di instabilità meccanica e dell'eventuale sviluppo di condizioni di totale o parziale liquefazione statica. L'importanza di tali studi è da ricercare nel fatto che il verificarsi o meno di questa condizione, nella fase di post-rottura immediatamente susseguente a quella di rottura, discrimina la possibilità che la fenomenologia franosa possa effettivamente evolvere in colata rapida di fango.
Per il perseguimento di tale obiettivo le UR n. 1, n. 2 (Politecnico di Milano) e n. 3 hanno eseguito, su provini di terreno ottenuti da campioni indisturbati prelevati in sito e preventivamente saturati, alcune prove di compressione triassiale sia consolidate non drenate, a deformazione controllata, e sia consolidate drenate, a carico costante, nonché prove di compressione edometrica. L'attività sperimentale è stata, quindi, integrata con alcune prove eseguite dalla UR n.1 su provini in condizioni lontane dalla saturazione tra le quali si segnalano quelle per le quali è stata impiegata un'apparecchiatura prototipo, unica nel suo genere nel panorama internazionale.
L'analisi dei risultati acquisiti con le prove triassiali ha evidenziato come i provini saturi, in condizioni non drenate, manifestino una evidente instabilità meccanica (collasso strutturale). Tali risultati sono stati interpretati, dall'UR n. 1, con l'ausilio di un modello elasto-plastico con incrudimento isotropo di tipo volumetrico e distorsionale (Super Sand Model); l'UR n. 2 ha, invece, fatto ricorso ad un ulteriore modello interpretativo la cui legge costitutiva è stata sviluppata all'interno della teoria della meccanica dei terreni non saturi, utilizzando un approccio idro-meccanico accoppiato.
A partire dai parametri del Super Sand Model calibrati sulla base dei risultati delle prove triassiali si sono riprodotti gli stati tensionali che presumibilmente si stabiliscono in situ in occasione di eventi pluviometrici di particolare intensità e durata. A tale scopo, si sono condotte prove di taglio semplice su provini non saturi analizzandone la risposta meccanica a seguito di un annullamento della suzione. I risultati conseguiti hanno messo in luce come: i) la natura collassabile dei terreni piroclastici sia la principale responsabile dello sviluppo di accelerazioni consistenti che caratterizza la fase di immediata post-rottura delle fenomenologie franose; ii) i processi di destrutturazione meccanica, che in situ possono originarsi da condizioni idrauliche al contorno aggiuntive a quelle indotte dalle sole piogge, siano potenzialmente in grado di determinare l'insorgere di condizioni di completa liquefazione.
Infine, gli studi svolti dall'UR n. 2 non escludono la possibilità che i terreni granulari manifestino fenomeni di instabilità meccanica anche per gradi di saturazione lontani dall'unità.

Per ciò che concerne le fenomenologie franose sismo-indotte (Tema 2), l'UR n. 5 ha preliminarmente indirizzato le proprie ricerche sulla individuazione di leggi di attenuazione regionali dell'energia sismica valide per la Campania. A tal fine, è stata eseguita un'analisi sui dati di intensità MCS dei terremoti del 1964, 1930 e 1980 suddividendo il territorio di interesse in ottanti ed individuando per ogni ottante il modello di attenuazione del moto del suolo che meglio approssimasse l'andamento dei dati di intensità MCS dei terremoti considerati. Dai risultati ottenuti è emerso che l'attenuazione dell'intensità macrosismica è un fenomeno direzionale. In particolare, si osserva una minore attenuazione del moto sismico per gli ottanti con direzione S-E, E ed W.
Una volta stabiliti i criteri di valutazione della sismicità nelle aree suscettibili a fenomeni franosi, le attività di studio e di ricerca a piccola scala (1:100.000) si sono orientate all'applicazione di metodi di base e di metodi intermedi; l'areale di riferimento è coinciso con il territorio della Regione Campania.

Il metodo di base adottato dall'UR n. 1 per la zonazione di livello preliminare è in grado di contemplare, in termini di amplificazione dell'accelerazione al suolo, gli effetti legati alle differenti caratteristiche geolitologiche degli affioramenti dei depositi presenti nell'areale di studio. Le analisi svolte (Fase 4) hanno consentito di ottenere una zonazione della suscettibilità del territorio (Fase 5) che evidenzia interessanti corrispondenze tra l'area in cui si concentra la percentuale maggiore di fenomeni franosi occasionalmente riattivati da sismi storici (la cui massima distanza di riattivazione dall'epicentro è condizionata dalla accertata direzionalità del fenomeno di attenuazione dell'intensità macrosismica) e le zone in cui le accelerazioni massime orizzontali attese assumono i valori più elevati. Risultati altrettanto significativi sono stati ottenuti con una procedura euristica originale concepita dall'UR n. 5.
Si è, quindi, testata un'ulteriore procedura che, rientrando nei metodi di tipo intermedio, utilizza analisi statistiche multivariate. Le UTR scelte sono le porzioni di territorio che derivano dall'intersezione dei limiti amministrativi dei Comuni della Campania con le 13 classi di terreno individuate nella Carta dei Complessi Litologici redatta, in scala 1:50.000, dall'UR n. 5. I risultati delle analisi svolte dall'UR n. 1, calibrati e validati (Fase 4) con riferimento alle frane riattivate dal terremoto del 1980 ed alle relative zone sismogenetiche, indicano quali fattori più significativi nella definizione della suscettibilità di riattivazione occasionale di frane a cinematica lenta (Fase 5) la natura del substrato, la massima accelerazione attesa su suolo rigido e la distanza dalle zone sismo-genetiche.
Gli studi volti alla zonazione, a media scala (1:25.000), della suscettibilità del territorio alla franosità sismo-indotta sono stati prevalentemente condotti dall'UR n. 5. La procedura euristica messo a punto porta in conto il ruolo esercitato da due fattori predisponenti, individuati nelle caratteristiche litologiche e nella pendenza, e di un fattore innescante, individuato nell'azione sismica. Il metodo è stato applicato (Fase 4) a quattro aree campione della Regione Campania. I risultati ottenuti (Fase 5) mostrano un accordo più che soddisfacente tra la distribuzione delle frane sismo-indotte e le aree individuate a più elevata suscettibilità.
Si segnala, infine, che a scala 1:5.000 le attività svolte dall'UR n. 1 hanno riguardato la conduzione di analisi parametriche, sia con metodi deterministici sia con metodi probabilistici (Monte Carlo e FORM), per la verifica delle condizioni di sicurezza di un pendio indefinito soggetto ad azioni sismiche secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008). Con riferimento ai metodi probabilistici, che consentono di portare in conto le incertezze insite nei parametri che intervengono nelle analisi, i risultati ottenuti hanno messo in luce come il metodo Monte Carlo sia il più adatto ad essere utilizzato nel caso di pendii potenzialmente interessati da fenomeni franosi di primo distacco. Al contrario il metodo FORM, non prevedendo una fase iniziale di definizione della superficie di scorrimento critica, può essere utilizzato con successo negli studi riguardanti fenomeni franosi riattivabili, di cui è nota la forma e la posizione della superficie di scorrimento.

La ricerca volta all'analisi e alla zonazione della suscettibilità da frana in aree geologicamente complesse sede di affioramenti argillosi (Tema 3), quali quelle ad esempio dell'Appennino Meridionale, è stata essenzialmente svolta dall'UR n. 4 (Politecnico di Bari). In particolare, le attività sono state orientate alla formalizzazione e validazione di una metodologia di valutazione su base quantitativa della suscettibilità da frana. Le procedure proposte, mirate alla previsione della riattivazioni di corpi di frana, sono state calibrate e validate (Fase 4) in siti della Daunia, territorio sede di processi deformativi sia di origine tettonica e sia gravitativa.
Il percorso metodologico seguito si è basato sulla comprensione dei meccanismi di frana presenti nell'area di studio, facendo scaturire la valutazione della suscettibilità (Fase 5) a media scala (1:50.000 ÷ 1:25.000) dal rilievo e catalogazione dei fattori interni ed esterni che influenzano tali meccanismi su area vasta nonché da un intenso lavoro di analisi dei meccanismi riconosciuti con gli studi svolti a scala di dettaglio (1:5.000 ÷ 1:2.000). A questa scala, alcune frane opportunamente selezionate sono state interpretate prima su base fenomenologica e poi a mezzo di modellazione, sia analitica e sia numerica, presupponendo un numero limitato degli assetti geo-morfo-idro-meccanici e dei meccanismi di frana rappresentativi dell'area di riferimento. Gli studi svolti hanno consentito di individuare i principali meccanismi di frana nonché di comprendere l'influenza dei fattori interni ed esterni sulla dinamica dei processi franosi selezionati come rappresentativi. I risultati delle attività svolte hanno concorso in misura significativa alla redazione di un Manuale Regionale della Franosità (MRF) per l'interpretazione dei meccanismi di frana che possono avere luogo in qualsivoglia porzione della Daunia.

In definitiva (Fase 6), gli incoraggianti risultati conseguiti hanno consentito di evidenziare le grandi potenzialità d'impiego di criteri standard quali quelli suggeriti dalle Guidelines. In particolare, questi criteri possono essere assunti a riferimento nell'ambito di studi mirati all'analisi e alla zonazione - a differenti scale - della suscettibilità e della pericolosità da fenomenologie franose alle quali si associano gravi conseguenze per gli elementi esposti al rischio. Ne è riprova il significativo progresso nelle conoscenze che si è conseguito, grazie alla assunzione dei predetti criteri, negli areali di riferimento. Gli stessi studi hanno posto, altresì, le basi per una interessante proposta di omogeneizzazione delle carte di suscettibilità e di pericolosità prodotte dalle Autorità di Bacino presenti sul territorio nazionale che sarà di sicuro interesse anche nell'ambito delle numerose iniziative promosse dal Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare tra le quali è particolarmente degna di menzione il Portale Cartografico Nazionale.

12. Problemi riscontrati nel corso della ricerca

Nessun problema riscontrato.

13. Risorse umane complessivamente ed effettivamente impegnate (da consuntivo)

	(mesi uomo) TOTALE
da personale universitario	*231*
altro personale	*284*
Personale a contratto a carico del PRIN 2007	*89*

14. Modalità di svolgimento (dati complessivi)

Partecipazioni a convegni:

	Già svolti (numero)	**Da svolgere (numero)**	**Descrizione**
in Italia	*30*	*6*	*I Convegni/Workshop svolti in Italia, cui ha avuto modo di partecipare il personale strutturato e/o non strutturato afferente alle cinque Unità di Ricerca (UR) partecipanti al Progetto, hanno rappresentato un'occasione privilegiata di diffusione dei risultati nel tempo conseguiti e di verifica della loro validità. Tra i Convegni svolti si citano i LARAM Workshop (per gli anni 2009 e 2010, www.laram.unisa.it), cui hanno partecipato alcuni tra i più eminenti esperti nel campo del rischio da frana e i responsabili di diversi Enti territorialmente competenti, nonché tutte le altri rilevanti iniziative poste in essere dalle UR nelle Città in cui hanno sede le rispettive Università/Politecnici di afferenza.* *Per ciò che riguarda i Convegni programmati, si segnala quello che le cinque Unità di Ricerca intendono svolgere nella prima decade di luglio 2011 al fine di presentare, sia alla Comunità tecnica e sia alla Comunità scientifica, i risultati finali delle ricerche svolte (sintetizzati in un volume a stampa).*
all'estero	*17*	*4*	*Anche la partecipazione ai Convegni all'estero ha rappresentato per le UR partecipanti al Progetto una possibilità di confronto approfondito sulle procedure messe a punto e sui risultati conseguiti nell'analisi e nella*

			zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frana a differenti scale di riferimento (si cita, al riguardo, il recente Convegno dell'American Geophysical Union svoltosi a San Francisco, USA), oltre che sui risultati degli studi condotti alla scala dell'elemento di volume (tra i più rilevanti Convegni si segnala la quinta Conferenza Internazionale sui terreni non saturi svoltasi a Barcellona, Spagna, nel settembre 2010).
TOTALE	**47**	**10**	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Articoli pertinenti pubblicati:

	Numero	Descrizione
su riviste italiane con referee	*2*	*Gli articoli, entrambi pubblicati sulla Rivista Italiana di Geotecnica, hanno a tema la caratterizzazione geotecnica di terreni naturali.*
su riviste straniere con referee	*23*	*Alcuni dei risultati più significativi delle ricerche svolte sono stati pubblicati su rilevanti Riviste Internazionali con referee (tra queste si citano: Engineering Geology, Geomorphology, Natural Hazards, Journal of Applied Geophysics, EOS, Soils and Foundations, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics).* *I riferimenti completi degli articoli pubblicati sono riportati nei rendiconti delle singole Unità di Ricerca (Modello C). I contenuti contemplano: la caratterizzazione meccanica dei terreni attraverso prove di laboratorio e la messa a punto di legami costitutivi; l'impiego di tecniche geofisiche per la caratterizzazione dei depositi naturali; l'illustrazione di procedure originali per l'analisi e la zonazione, a differenti scale di riferimento, della suscettibilità e/o della pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma); l'applicazione dei criteri suggeriti dalle "Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning" a casi di studio.*
su altre riviste italiane	*1*	*L'articolo pubblicato affronta gli aspetti geologici e geosismologici del terremoto de L'Aquila dell'aprile 2009 e le relative implicazioni sulle modalità di valutazione dell'hazard sismico in Italia*
su altre riviste straniere	*0*	
comunicazioni a convegni/congressi internazionali	*18*	*Tra le numerose comunicazioni a Convegni internazionali si citano quelle tenute: ai LARAM Workshop, svoltisi nel settembre del 2009 e del 2010; al First Italian Workshop on Landslides (concepito a chiusura di un PRIN 2006 ed in cui sono stati relatori il Prof. Leonardo Cascini della UR n. 1 e la Prof.ssa Federica Cotecchia della UR n. 4); al recente Convegno dell'American Geophysical Union svoltosi a San Francisco (USA). In tali occasioni, come in quelle non esplicitamente richiamate, sono stati presentati i risultati delle attività svolte dalle Unità di Ricerca, evidenziando l'avanzamento delle conoscenze raggiunto con riferimento sia agli aspetti di base e sia a quelli applicativi.*
comunicazioni a convegni/congressi nazionali	*13*	*Tra le comunicazioni a convegni/congressi nazionali si segnalano quelle tenute, da ricercatori afferenti alle Unità di Ricerca, ai Congressi "GeoItalia" organizzati dalla Federazione Italiana di Scienze della Terra negli anni 2009 e 2010.*
rapporti interni	*4*	*I rapporti interni prodotti sintetizzano i risultati di attività sperimentali ovvero di indagini svolte per la caratterizzazione di terreni naturali.*
brevetti depositati	*0*	
TOTALE	**61**	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Data 22/12/2010 13:26 Firma .....

Si autorizza alla elaborazione e diffusione delle informazioni riguardanti i programmi di ricerca presentati ai sensi del D. Lgs. n. 196/2003 del 30.6.2003 sulla "Tutela dei dati personali". La copia debitamente firmata deve essere depositata presso l'Ufficio competente dell'Ateneo.