



Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Memorie di Scienze Fisiche e Naturali
134° (2016), Vol. XL, Parte II, pp. 99-124

GIOVANNI GULLÀ*

Filiera per l'Adattamento, la Mitigazione e la Riduzione del Rischio Determinato da Eventi di Dissesto Idrogeologico e Interventi Sostenibili**

Riassunto – La nota propone un contributo per la definizione di una filiera per avviare, mantenere e migliorare un percorso metodologico cui concorrono competenze e strumenti, di varie discipline, per sviluppare, utilizzare e approfondire conoscenze, metodi, procedure e tecnologie per l'adattamento, la mitigazione e la riduzione del rischio prodotto da eventi di dissesto idrogeologico.

Parole chiave: rischio idrogeologico, filiera, interventi, adattamento, riduzione, mitigazione.

Abstract – The paper proposes a contribution to the definition of a processes chain to start, maintain and improve a methodological path, which combines skills and tools, from different disciplines, to develop, to use and to deepen knowledges, methods, procedures and technologies for adaptation, mitigation and risk reduction produced by hydrogeological events.

Key words: hydro-geological risk, chain, interventions, adaptation, reduction, mitigation.

1. INTRODUZIONE

I fenomeni e gli eventi di dissesto idrogeologico e i loro effetti sono noti (Fig. 1), così come sono note e inevitabili, in generale, le cause intrinseche che li determinano.

Le azioni antropiche interagiscono da sempre con il territorio e la sensibilità delle comunità riguardo i conseguenti possibili effetti si è man mano consolidata e, in particolare negli ultimi decenni, si è decisamente orientata anche nel considerare

* CNR-IRPI Sede secondaria di Cosenza, Via Cavour n. 4, 87036 Rende (CS).

E-mail: giovanni.gulla@irpi.cnr.it

** La relazione è stata presentata nell'ambito della giornata di studio su: «Rischio Idrogeologico. Previsione, Prevenzione e Controllo», Arcavacata di Rende, 8 aprile 2016.



Fig. 1. Esempi di fenomeni ed eventi di dissesto idrogeologico e di loro effetti.

gli aspetti sociali ed ambientali. Si è formata in definitiva un'etica della sostenibilità sociale, ambientale ed economica delle azioni antropiche (pratiche agricole, utilizzo delle risorse naturali, realizzazione di strutture, infrastrutture, reti informatiche, immateriali, ecc.).

L'accelerazione dei cambiamenti climatici (COP 21, 2015), il verificarsi di frequenti e diffusi eventi di dissesto idrogeologico (Fig. 2) e la sempre maggiore e rapida percezione dell'impatto da questi prodotto, favorita dalla capillare disponibilità di potenti mezzi di comunicazione-informazione, hanno accentuato le spinte a favore della sostenibilità delle azioni antropiche da parte delle comunità.

Paradossalmente, questa importante maturazione nella consapevolezza delle comunità rischia, in assenza di opportune riflessioni e di dovute assunzioni di responsabilità, di accentuare le disparità esistenti fra le condizioni di vita delle comunità nei paesi avanzati ed in quelli in via di sviluppo, aumentando le instabilità politiche ed economiche, i conflitti sociali ed il degrado ambientale.

Bisogna dunque operare per far sì che nel perseguire la dovuta salvaguardia degli equilibri ambientali e sociali del Pianeta, l'etica della sostenibilità non determini un pericoloso rallentamento nello sviluppo ed una riduzione del benessere di tutte



Fig. 2. Esempi di eventi di dissesto idrogeologico in Calabria (documentazione fotografica IRPI-CNR).

le comunità. Bisogna trasformare quelli che oggi sono dolorosi e forzati flussi migratori, che opprimono interi popoli, in libera circolarità delle persone, facendo sì che la contaminazione delle idee diventi un motore di crescita diffusa e sostenibile.

La definizione di strategie efficaci per la gestione del rischio determinato da eventi di dissesto idrogeologico, sebbene sia una parte del problema che bisogna risolvere per garantire lo sviluppo sostenibile delle comunità, rappresenta nel quadro

delineato un obiettivo di rilievo, al cui conseguimento le comunità scientifiche possono dare numerosi contributi. Un possibile contributo consiste nella definizione di una filiera per avviare, mantenere e migliorare un percorso metodologico cui concorrono competenze e strumenti, di varie discipline, per sviluppare, utilizzare e approfondire conoscenze, metodi, procedure e tecnologie per l'adattamento, la mitigazione e la riduzione del rischio prodotto da eventi naturali.

Nel seguito, riferendosi in particolare alle possibili interazioni che si possono produrre fra azioni antropiche ed eventi di dissesto idrogeologico, sono illustrati in termini generali i processi, i sub-processi, le procedure, i moduli e le attività che, opportunamente integrati e coordinati, possono consentire la definizione di una filiera per l'adattamento, la mitigazione e la riduzione del rischio da eventi di dissesto idrogeologico in condizioni di sostenibilità.

2. MATERIALI

Considerando quanto proposto da Gullà *et al.* (2009), possiamo assumere che un evento di dissesto idrogeologico (*EDId*) è determinato dall'innescò e dall'evoluzione, in un definito intervallo di tempo, di un numero significativo di fenomeni di dissesto idrogeologico, avendo assunto che i fenomeni di dissesto idrogeologico (*FeDId*) sono costituiti principalmente da erosioni, frane, alluvionamenti (Fig. 1).

La magnitudo di un *EDId* dipende dalle caratteristiche dell'evento innescante e dalla suscettibilità ai *FeDId* dell'area interessata dallo stesso evento innescante, funzione quindi dei fattori predisponenti presenti. La magnitudo deve dunque considerare le caratteristiche dell'*EDId* (numero e superficie di fenomeni che si sono verificati, volumi e velocità di movimento dei materiale coinvolti, ecc.).

L'impatto di un *EDId* (*IMPA_EDId*) dipende in generale anche dalle interazioni negative che si producono tra i fenomeni che generano lo stesso evento e l'insieme degli elementi vulnerabili presenti nell'area interessata. A rigore, l'impatto di un *EDId* non è dato dalla somma degli impatti prodotti dai *FeDId* che hanno generato lo stesso evento, in quanto la presenza contemporanea di più tipi di *FeDId* può amplificare il loro singolo impatto. Tuttavia, si rileva che gli *EDId* caratterizzati da impatti più elevati riscontrano spesso la prevalente presenza di un definito tipo di *FeDId* e, pertanto, si può ragionevolmente procedere nella valutazione dell'impatto dell'*EDId* con la semplice somma degli impatti delle componenti *FeDId* presenti (*IMPA_FeDId*).

Una preliminare valutazione dell'impatto di un *EDId* può essere fatta riferendosi all'estensione dell'area in cui sono stati registrati i danni prodotti dai *FeDId* che lo hanno generato:

- impatto locale, se l'area interessata è dell'ordine delle decine di chilometri quadrati;
- impatto intermedio, se l'area interessata è dell'ordine delle centinaia di chilometri quadrati;

- impatto regionale, se l'area interessata è dell'ordine delle migliaia di chilometri quadrati.

Per una valutazione più circostanziata dell'impatto di un *EDId* si possono utilizzare procedure, anche semplificate, per la valutazione dei danni diretti, indiretti ed intangibili prodotti dai singoli *FeDId* (Petrucci & Gullà, 2009, 2010; Petrucci *et al.*, 2010). La comparazione dell'impatto relativo a diversi *EDId* (Gullà *et al.*, 2012) può risultare molto utile nella programmazione delle risorse disponibili per l'adattamento, la mitigazione e la riduzione del rischio, oltre che per la gestione delle fasi post-emergenza.

Altro elemento di rilievo per una corretta programmazione delle risorse è rappresentato dal «Valore di Sostenibilità» (*VS*) dell'impatto, prodotto dall'*EDId* di interesse, che si vuole assumere come accettabile per la comunità. Questo valore, la cui definizione richiede appropriati approfondimenti, dipende dalle caratteristiche degli stessi *EDId* ma è anche connesso a scelte di natura politica ed economica. Una volta stabilito in maniera chiara e condivisa il *VS* di riferimento, oltre che nella fase di programmazione, dovrà essere opportunamente considerato nella definizione degli interventi di adattamento, di mitigazione, di riduzione del rischio.

Considerando per semplicità di trattazione le condizioni di rischio determinate da eventi di movimenti in massa gli interventi possono riguardare una o più delle seguenti categorie:

- Interventi di Adattamento al Rischio (*IntAR*), costituiti da uno o più idonei comportamenti che adottati dai soggetti potenzialmente esposti, in concomitanza di eventi che determinano condizioni di rischio ne minimizzano le conseguenze sugli stessi soggetti;
- Interventi di Mitigazione del Rischio (*IntMiR*), costituiti da una o più opere e/o azioni che limitano gli effetti degli eventi che determinano condizioni di rischio, minimizzandone le conseguenze sugli elementi esposti (soggetti, strutture, infrastrutture, ecc.);
- Interventi di Riduzione del Rischio (*IntRiR*), costituiti da una o più opere e/o azioni che limitano l'intensità degli eventi che determinano condizioni di rischio, minimizzandone le conseguenze sugli elementi esposti (soggetti, strutture, infrastrutture, ecc.).

In generale, un Intervento di Adattamento, di Mitigazione e di Riduzione del Rischio (*IntAMiRiR*) può dunque essere composto da una sola categoria di intervento (*IntAR/IntMiR/IntRiR*) oppure, come generalmente avviene, da una combinazione di categorie di intervento (*IntAR+IntMiR+IntRiR*, *IntAR+IntMiR*, *IntAR+IntRiR*, *IntMiR+IntRiR*).

Passando alle opere che concorrono agli interventi, possiamo in generale considerare che:

- gli idonei comportamenti che concorrono agli *IntAR* sono costituiti dalle migliori modalità di «reazione», da parte dei soggetti esposti al rischio, quando percepiscono «segnali» riconducibili al verificarsi di eventi che determinano condizioni di rischio;

- le opere di mitigazione, che concorrono alla realizzazione degli *IntMiR*, possono essere costituite: da opere non strutturali (reti di monitoraggio per il controllo dei fenomeni che possono determinare la condizione di rischio); da opere strutturali (barriere paramassi); da provvedimenti normativi e/o regolamentari che prescrivono, con diversi livelli di obbligatorietà, modalità, vincoli e possibilità di utilizzo di aree direttamente o indirettamente interessate da condizioni di rischio;
- le opere di riduzione del rischio, che concorrono alla realizzazione dei relativi *IntRiR*, sono generalmente opere strutturali (pali, paratie di pali, pozzi, pozzi drenanti, dreni sub-orizzontali, ecc.) che esplicando opportune azioni riducono l'intensità dei fenomeni di movimento in massa che possono determinare condizioni di rischio, tendendo ad annullare le condizioni di rischio.

Le opere che concorrono agli interventi devono essere scelte e dimensionate con riferimento ai *FeDId* che hanno generato l'*EDId* di interesse. Per ognuno dei fenomeni che concorre all'evento considerato, nella scelta e dimensionamento delle opere bisogna dunque individuare i fattori predisponenti e quelli innescanti.

Nel caso dei fenomeni di movimenti in massa, i fattori predisponenti, per diversi aspetti noti in termini generali, devono essere precisati a differenti scale per la programmazione e per la progettazione degli interventi, considerando opportunamente anche le condizioni di intervento (emergenza, ordinarie). In generale è opportuna l'individuazione del contesto geologico in cui si colloca il *FeDId* di specifico interesse e nel caso di movimento in massa può essere determinante l'individuazione dello spessore massimo del volume instabile.

Ad esempio, per le frane superficiali (spessore massimo dell'ordine dei 3 m) gli effetti della degradazione prodotta dai cicli di saturazione-desaturazione che hanno luogo in prossimità del piano campagna, in particolare nei terreni a grana fine, può condizionare la presenza o meno di fattori predisponenti (in questo caso il volume di terreno suscettibile a instabilità superficiali) nello spazio (distribuzione areale ad un dato tempo delle coltri degradate suscettibili ad instabilità) e nel tempo (presenza/assenza in una data area delle coltri degradate suscettibili ad instabilità al variare del tempo) (Antronico & Gullà, 2000; Gullà *et al.*, 2004b, c; Gullà *et al.*, 2008a, b; Borrelli *et al.*, 2015; Cascini *et al.*, 2015). Le frane mediamente profonde, in generale, sembrano essere quelle meno interessate da significative variazioni spaziali e temporali dei fattori predisponenti, tale indicazione è tanto più aderente alla realtà quanto più contenuti sono gli spostamenti cumulati che il fenomeno di frana considerato subisce nel corso di ogni singola riattivazione (Cascini & Gullà, 1993; Cascini *et al.*, 2006; Gullà, 2014; Antronico *et al.*, 2015; Gullà *et al.*, 2016). A rigore, solo il sussistere della condizione richiamata consente di assumere, senza commettere errori significativi, la stazionarietà di un fenomeno di frana e quindi di individuare con modelli *black-box* soglie di innesco ragionevolmente rappresentative (Cascini & Versace, 1988; Cascini *et al.*, 1992). Per le frane profonde, infine, le variazioni dei fattori predisponenti possono essere maggiormente condizionate, ad una scala tem-

porale medio-lunga, dagli effetti di degradazione meccanica dei geomateriali prodotti dagli spostamenti cumulati a seguito delle riattivazioni dei fenomeni (Gullà *et al.*, 2004a; Borrelli *et al.*, 2014; Gullà, 2014; Maiorano *et al.*, 2015).

I fattori di innesco dei *FeDId*, differenziati nello specifico per ogni tipo di fenomeno considerato, sono principalmente rappresentati da eventi di pioggia e, a seguire, da eventi sismici. Gli interventi antropici non correttamente progettati, realizzati o gestiti possono tuttavia costituire un fattore di innesco dei *FeDId* e delle frane in particolare.

Gli eventi meteorologici (principalmente pioggia e neve) sono indubbiamente i fattori di innesco più frequenti di *FeDId* e sembrano essere quelli maggiormente suscettibili di variabilità spaziale e temporale, per loro intrinseca natura e per le accelerazioni delle variazioni climatiche (Brunetti *et al.*, 2012; COP 21, 2015). Attualmente, per la definizione delle condizioni di carico da adottare per la scelta ed il dimensionamento degli *IntAMiRiR*, le variazioni climatiche possono costituire un aspetto di rilievo, sia in termini di responsabilità progettuale sia in termini di efficacia dell'intervento e di sua sostenibilità nel tempo.

Per i movimenti in massa gli eventi sismici costituiscono condizioni di carico aggiuntive che dipendono dalla sismicità che caratterizza l'area in cui ricade il versante di interesse. Le condizioni di carico prodotte dagli eventi sismici, in particolare nei pendii instabili, sono molto complesse ed impegnative da definire anche dal punto di vista scientifico e, pertanto, una volta individuate sono codificate nelle normative tecniche.

I fattori antropici di innesco, infine, in generale non devono sussistere, in quanto le progettazioni e realizzazioni di strutture e/o infrastrutture non devono determinare l'innesco di fenomeni di frana di neo-formazione, in particolare quando sono accertate condizioni di suscettibilità agli stessi fenomeni.

Per la scelta ed il dimensionamento delle opere, è dunque utile considerare sia elementi identificativi di omogeneità geologica (litologie, condizioni strutturali, ecc.), per un più efficace inquadramento del fenomeno di movimento in massa, sia, in particolare, elementi identificativi del modello geotecnico (caratteristiche dei materiali geologici di interesse, meccanismi/modalità di rottura, caratteristiche geometriche e cinematiche, regime delle pressioni neutre, ecc.).

3. METODOLOGIA

La definizione della *Filiera AMiRiR* (*Filiera* per l'*A*dattamento, la *M*itigazione e la *R*iduzione del *R*ischio) assume che la trattazione del "rischio" debba essere sempre ricondotta ad una condizione ordinaria che ingloba, come suo stato particolare, le condizioni di emergenza, Fig. 3. Ciò in considerazione del fatto che per territori estesi (alcune migliaia di km²) si riscontrano condizioni di emergenza con frequenza annuale.

Ove non diversamente precisato, nel seguito si indicherà come intervento, o con l'acronimo *IntAMiRiR*, un insieme, semplice o complesso, costituito da una o



Fig. 3. Emergenze come stato della condizione ordinaria e relative interazioni.

più opere (strutturali) e/o azioni (non strutturali) finalizzato: all'adattamento al rischio, alla mitigazione del rischio, alla riduzione del rischio, ad una definita integrazione dei singoli risultati elencati.

Nella Fig. 4 è mostrato lo schema generale della *Filiera_AMiRRi*. In particolare, possiamo rilevare che il processo complessivo di raccolta dati, analisi, elaborazione, sintesi, decisione, attuazione, progettazione, realizzazione e gestione, caratterizzato da una forte integrazione e circolarità, si sviluppa in quattro sub-processi:

Valutazione del Rischio e Pianificazione degli Interventi (VaRPI);

Programmazione e Attuazione degli Interventi (PrAtI);

Progettazione, Realizzazione e Gestione degli Interventi (PReGI);

Linee Guida e Codici di Buona Pratica (LG-CBP).

I sub-processi, che possono comprendere procedure (semplici/complesse), moduli (semplici/complessi) e attività (semplici/complesse), sono collegati da una linea di connessione principale che si avvia dalla *VaRPI*, transita per la *PrAtI* e, attraverso la *PReGI*, ritorna di nuovo alla *VaRPI*. Altre due linee connettono direttamente, in entrata ed in uscita, il sub-processo *LG-CBP* con i sub-processi *PReGI* e *VaRPI*. In particolare, nel sub-processo *LG-CBP*, utilizzando i dati e le conoscenze trasferite dai sub-processi prima richiamati, sono sviluppati, in piena autonomia e senza vincoli operativi, studi ed approfondimenti conoscitivi che devono considerare fra le loro finalità la definizione di Linee Guida (*LG*), Codici di Buona Pratica

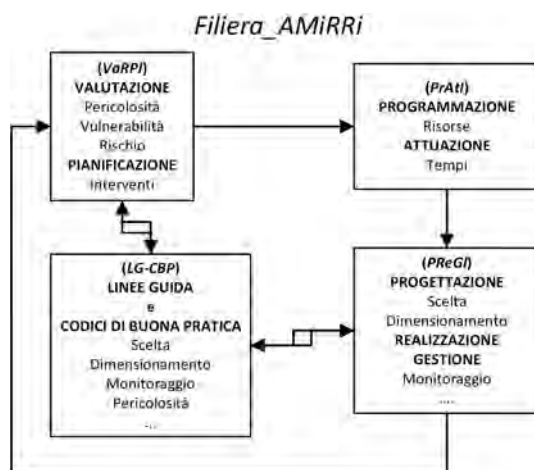


Fig. 4. Schema della «Filiera per l'Adattamento, la Mitigazione e la Riduzione del Rischio» (*Filiera_AMiRRi*).

(CBP), procedure, tecnologie, ecc. per la scelta ed il dimensionamento degli interventi e per la valutazione della suscettibilità, pericolosità, vulnerabilità e rischio.

Per avviare rapidamente la *Filiera_AMiRRi* e per mantenerne l'efficacia il processo complessivo si deve sviluppare:

- effettuando la valutazione delle condizioni di rischio con i contenuti dei Piani stralcio di assetto idrogeologico e proseguendo nel tempo al relativo aggiornamento con procedure che tengono in conto gli esiti degli interventi di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio progressivamente realizzati;
- procedendo con la pianificazione degli interventi;
- continuando con la loro programmazione ed attuazione;
- finalizzandone la progettazione, realizzazione e gestione sulla base di Linee Guida e Codici di Buona Pratica predisposti e migliorati con gli studi, gli approfondimenti, le analisi e le sintesi conoscitive prodotte.

Le attività che si svolgono nell'ambito della filiera proposta assumono come riferimento territoriale la scala regionale e considerano un livello di coordinamento, anche in termini di risorse, a scala nazionale.

4. RISULTATI

4.1. VALUTAZIONE DEL RISCHIO E PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Risultato della metodologia proposta (Fig. 4) è il sub-processo *Valutazione del Rischio e Pianificazione degli Interventi (VaRPI)*, Fig. 5. Nel sub-processo *VaRPI*, a regime, si svilupperanno tutte le attività di rilevamento, raccolta, elaborazione e analisi per le valutazioni di suscettibilità, pericolosità, vulnerabilità e rischio. Le attività



Fig. 5. Sub-processo per la «Valutazione del Rischio e la Pianificazione degli Interventi» (VaRPI).

richiamate dovranno riguardare dati ed informazioni omogeneamente disponibili per tutto il territorio regionale di diretto interesse e coordinate a scala nazionale. L'adozione di procedure di valutazione scientificamente avanzate dovrà quindi essere preceduta dall'acquisizione omogenea per tutto il territorio di interesse di tutti i dati necessari. In ogni caso le procedure per le valutazioni da effettuare dovranno essere sviluppate e migliorate recependo le conoscenze scientifiche man mano acquisite, condivise e validate anche in termini applicativi (Gullà *et al.*, 2010). Con riferimento all'estensione dei territori di interesse, nella scelta delle procedure da utilizzare per le valutazioni di suscettibilità, pericolosità, vulnerabilità e rischio si dovranno opportunamente considerare, per quanto precedentemente evidenziato, i tempi-costi di acquisizione dei dati necessari e quelli di applicazione delle stesse procedure, privilegiando fra le caratteristiche la semplicità.

Sulla base delle valutazioni condotte, che si traducono nella stesura ed adozione dei Piani di Assetto Idrogeologico, sono individuati gli *Scenari di Intervento (ScenI)* nel cui ambito trovano collocazione i fenomeni di dissesto idrogeologico censiti ed ai quali sono assegnati contestualmente le priorità di intervento ed i livelli di approfondimento per gli studi, le indagini e le analisi necessarie.

Per l'avvio della *VaRPI* sarà considerato il quadro conoscitivo fornito dai Piani stralcio di Assetto Idrogeologico (D.P.C.M. 29/9/1998), avviandone un rapido aggiornamento sulla base delle conoscenze generali e specifiche omogeneamente disponibili per il territorio di interesse (Gullà *et al.*, 2009; Gullà *et al.*, 2010).

La banca dati di riferimento del sub-processo *VaRPI* dovrà prevedere due specifici livelli informativi: interventi programmati e dati relativi alla loro attuazione; interventi progettati e dati relativi alle fasi conoscitiva, di realizzazione e di gestione (studi, indagini, analisi, interventi realizzati, monitoraggi di controllo, ecc.). La banca dati, da aggiornare con regolarità, dovrà prevedere specifici strati relativi agli elementi conoscitivi acquisiti con riferimento agli *EDId* oggetto di ordinanze di protezione civile.

Riferendosi per semplicità di trattazione ai movimenti in massa, per l'individuazione degli scenari di intervento nel cui ambito possono trovare collocazione i fenomeni di interesse si può fare riferimento a tre contesti generali:

- «Aree Naturali» (*ArNa*), aree nel cui ambito non sono presenti in misura significativa strutture e/o infrastrutture e non è necessario in linea generale realizzarne;
- «Aree Naturali Antropizzabili» (*ArNAnt*), aree nel cui ambito pur non essendo presenti in misura significativa strutture e/o infrastrutture può esserne necessaria la progettazione e realizzazione;
- «Aree Antropizzate» (*ArAnt*), aree nel cui ambito sono presenti in misura significativa strutture e/o infrastrutture.

Nei contesti definiti possono essere individuate e rappresentate sulla base delle valutazioni effettuate le seguenti condizioni:

- presenza di movimenti in massa, «Movimenti in Massa» (*MoMa*);

- presenza di zone suscettibili a movimenti in massa, «Suscettibili a Movimenti in Massa» (*SMoMa*);
- assenza di movimenti in massa, «Assenza di Movimenti in Massa» (*AMoMa*).

Le condizioni considerate dovranno essere periodicamente verificate ed aggiornate ad intervalli temporali definiti sulla base delle conoscenze disponibili relativamente alle modalità di evoluzione dei versanti per movimenti in massa in contesti geo-ambientali omogenei.

Agli *Scenari di Intervento (ScenI)* generati dalla combinazione dei contesti e delle condizioni considerati, nove in totale, sono associate le *Condizioni di Intervento (CoIn)*, Fig. 6.

In particolare, assumendo come riferimento generale la sostenibilità ambientale, sociale ed economica dell'azione antropica cui è finalizzato l'intervento da pianifi-

Contesti / Condizioni	<i>ArAn</i> (Aree naturali)	<i>ArNAnt</i> (Aree naturali antropizzabili)	<i>ArAnt</i> (Aree antropizzate)
	MoMa (presenza di movimenti in massa)	<p>Coln01: Evitare la progettazione e realizzazione di strutture/infrastrutture.</p> <p>Coln02: Promuovere la progettazione e realizzazione di "Reti Integrate di Monitoraggio" (<i>LivAp_03</i>).</p>	<p>Coln05: Limitare la progettazione e realizzazione di strutture/infrastrutture, per necessità chiaramente ed oggettivamente dimostrabili, prevedendo la progettazione e realizzazione di interventi con relative "Reti Integrate di Monitoraggio" (<i>LivAp_03</i>).</p> <p>Coln02: Promuovere la progettazione e realizzazione di "Reti Integrate di Monitoraggio" (<i>LivAp_03</i>).</p>
SMoMa (suscettibilità a movimenti in massa)	<p>Coln03: Limitare la progettazione e realizzazione di strutture/infrastrutture, per eccezionali necessità chiaramente ed oggettivamente dimostrabili (<i>LivAp_02</i>).</p> <p>Coln02: Promuovere la progettazione e realizzazione di "Reti Integrate di Monitoraggio" (<i>LivAp_03</i>).</p>	<p>Coln06: Valutare attentamente la progettazione e realizzazione di strutture/infrastrutture, per eccezionali necessità chiaramente ed oggettivamente dimostrabili (<i>LivAp_02</i>).</p> <p>Coln07: Prevedere la progettazione e realizzazione di "Reti Integrate di Monitoraggio" (<i>LivAp_03</i>).</p>	<p>Coln12: Valutare attentamente la progettazione e realizzazione di strutture/infrastrutture, per necessità chiaramente ed oggettivamente dimostrabili (<i>LivAp_03</i>).</p> <p>Coln07: Prevedere la progettazione e realizzazione di "Reti Integrate di Monitoraggio" (<i>LivAp_03</i>).</p>
AMoMa (assenza di movimenti in massa)	<p>Coln04: Contenere il "consumo di suolo" conseguente la progettazione/realizzazione di strutture/infrastrutture, per eccezionali necessità chiaramente ed oggettivamente dimostrabili (<i>LivAp_01</i>).</p>	<p>Coln08: Contenere il "consumo di suolo" conseguente la progettazione/realizzazione di strutture/infrastrutture, per necessità chiaramente ed oggettivamente dimostrabili (<i>LivAp_01</i>).</p>	<p>Coln13 Contenere il "consumo di suolo" conseguente la progettazione/realizzazione di strutture/infrastrutture (<i>LivAp_01</i>).</p>

Fig. 6. Matrice degli scenari di intervento, con relative condizioni di intervento per l'adattamento, la mitigazione e la riduzione del rischio, e livello di approfondimento per gli studi, le indagini e le analisi: *LivAp_01*, standard; *LivAp_02*, elevato; *LivAp_03*, molto elevato.

care, sono individuate tredici *CoIn* che, in alcuni casi, possono riguardare diversi scenari di intervento (*ScenI*).

Le *CoIn* considerate riguardano in generale la progettazione e realizzazione di strutture/infrastrutture (da evitare, limitare, valutare attentamente, pianificare), la progettazione e realizzazione di «Reti Integrate di Monitoraggio» (da promuovere, prevedere), il consumo di suolo (da contenere) (Fig. 6). In alcune *CoIn* la progettazione e realizzazione di interventi è subordinata ad una preventiva, chiara ed oggettiva verifica della sussistenza di «eccezionale necessità» o «necessità» di realizzazione di strutture e/o infrastrutture. Nel caso in cui sia necessario realizzare strutture e/o infrastrutture è anche indicato nella *CoIn* il Livello di Approfondimento (*LivAp*) da garantire per gli studi, le indagini e le analisi necessarie alla scelta ed al dimensionamento degli interventi: *LivAp_01*, standard; *LivAp_02*, elevato; *LivAp_03*, molto elevato.

Per la pianificazione degli interventi si procede infine con l'assegnazione della priorità attribuendo idonei pesi alla pericolosità dei fenomeni ed alla sostenibilità (ambientale, sociale ed economica, anche di lungo periodo) dell'impatto che gli stessi fenomeni possono determinare. La procedura di ordinamento delle priorità degli interventi prevede l'assegnazione di un «codice» che identifichi ogni singolo intervento come «ordinario», se pianificato sulla base di dati disponibili da attività di studio ordinarie, o come «emergenza», se pianificato anche sulla base di dati acquisiti da attività di studio svolte in emergenza.

4.2. PROGRAMMAZIONE E ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI

Nella Figura 7 viene presentata la struttura generale del sub-processo *PrAtI* nel cui ambito si procede alla programmazione ed all'attuazione degli interventi, partendo dalla pianificazione definita e man mano aggiornata nel sub-processo *VaRPI*. In particolare, la programmazione degli interventi avviene:

- considerando le risorse finanziarie disponibili, nel breve-medio-lungo termine;
- valutando per ogni intervento, o per gruppi omogenei di interventi, i tempi di espletamento delle procedure amministrative, delle attività di studio, indagini, monitoraggio, analisi, progettazione, realizzazione, collaudo e messa in marcia della gestione;
- La definizione di strategie efficaci per la gestione del rischio determinato da eventi di dissesto idrogeologico, sebbene sia una parte del problema che bisogna risolvere per garantire lo sviluppo sostenibile delle comunità, rappresenta nel quadro delineato un obiettivo di rilievo, al cui conseguimento le comunità scientifiche possono dare numerosi contributi. Un possibile contributo consiste nella definizione di una filiera per avviare, mantenere e migliorare un percorso metodologico cui concorrono competenze e strumenti, di varie discipline, per sviluppare, utilizzare e approfondire conoscenze, metodi, procedure e tecnologie per l'adattamento, la mitigazione e la riduzione del rischio prodotto da eventi naturali.

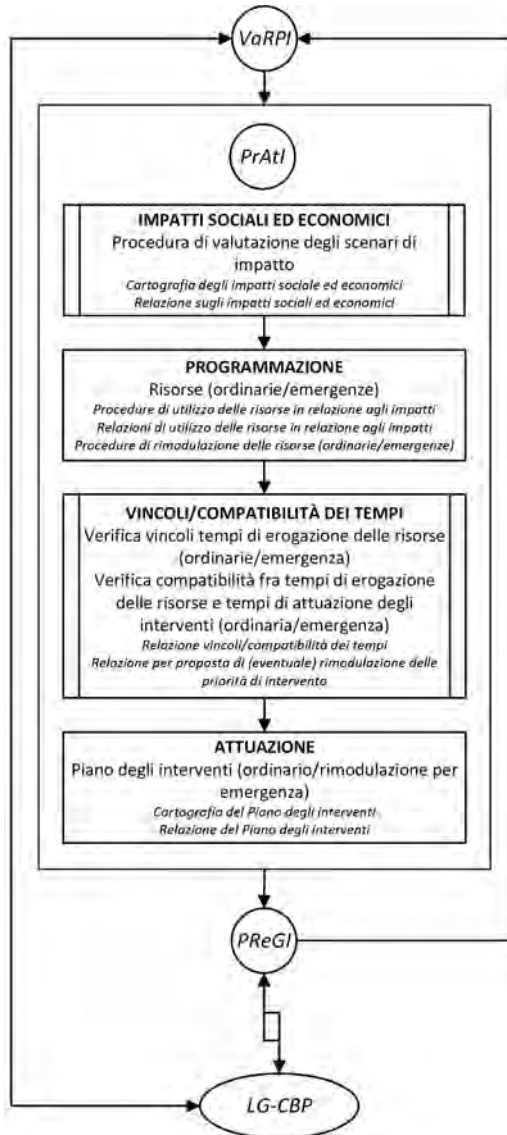


Fig. 7. Sub-processo per la «Programmazione e Attuazione degli Interventi» (*PrAtI*).

- esaminando nel merito per ogni intervento, o per gruppi omogenei di interventi, la presenza o meno di condizioni aggiuntive di priorità evidenziate da emergenze.

Punti di forza del *PrAtI* devono essere la trasparenza e l'efficacia della programmazione che possono essere ottenute assumendo, come già evidenziato, l'integrazione

delle emergenze nel flusso ordinario (Gullà, 2013). Nel sub-processo *PrAtI* devono essere opportunamente considerati anche gli aspetti politico-amministrativi, con particolare riferimento alla necessità di assegnare tempi congrui per lo svolgimento efficace delle attività tecniche previste nelle procedure e nei moduli che concorrono al flusso di lavoro. Gli strumenti del sub-processo *PrAtI* devono dunque opportunamente considerare l'interazione con la programmazione a livello nazionale.

4.3. PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE E GESTIONE DEGLI INTERVENTI

La progettazione, realizzazione e gestione degli interventi richiedono procedure singolarmente complesse e necessitano nel contempo di una forte ed effettiva integrazione.

La Figura 8, nel fornire una prima rappresentazione della struttura generale del sub-processo *PReGI*, ne rileva l'articolazione e la complessità riguardo le procedure principali (progettazione, realizzazione, gestione) e, nel contempo, evidenzia le due possibili condizioni operative: ordinaria, in emergenza. In queste due condizioni, le modalità di svolgimento delle attività devono essere opportunamente declinate e calibrate rispetto alle risorse, al tempo disponibile ed agli obiettivi specifici (Gullà *et al.*, 2010), pur essendo identici i punti da trattare. In particolare, devono essere considerate nel sub-processo in esame le modalità di migrazione di un intervento avviato in condizioni di emergenza, per finalità specifiche di salvaguardia della pubblica e privata incolumità, e completato in condizioni ordinarie, per finalità di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio, Fig. 9.

Il modulo che integra studi, rilievi, indagini, monitoraggi ed analisi finalizzate alla definizione del modello geotecnico per la scelta ed il dimensionamento dell'intervento (Figg. 8-9) è strettamente connesso alla procedura «Progettazione» ed è coordinato dalla stessa procedura.

Nell'ambito della procedura «Progettazione», dopo aver provveduto alla definizione del modello geologico e del modello geotecnico, sono scelte e dimensionate le opere che concorrono alla definizione dell'intervento (Fig. 8). Nella procedura «Realizzazione» (Fig. 8) sono invece sistematizzate le attività che portano, appunto, alla realizzazione delle opere che concorrono all'intervento progettato (procedure di gara, appalto, ecc.) e, nel contempo, quelle che, a completamento di quanto già disponibile per la «Progettazione» (indagini geotecniche e reti di monitoraggio conoscitive), completano la rete integrata di monitoraggio dell'intervento e del movimento in massa cui è finalizzato.

Nella procedura di «Gestione» dell'intervento sono infine previsti due moduli:

- monitoraggio di controllo, per la misura delle grandezze che danno riscontro dell'efficacia nel tempo dell'intervento realizzato, al fine di programmare le attività di manutenzione, e per la validazione dei meccanismi di innesco-propagazione dei movimenti in massa cui è riferita la progettazione;
- manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere che concorrono all'intervento e delle strutture e/o infrastrutture cui lo stesso intervento è finalizzato.



Fig. 8. Sub-processo per la «Progettazione, Realizzazione e Gestione degli Interventi» (PREGI).

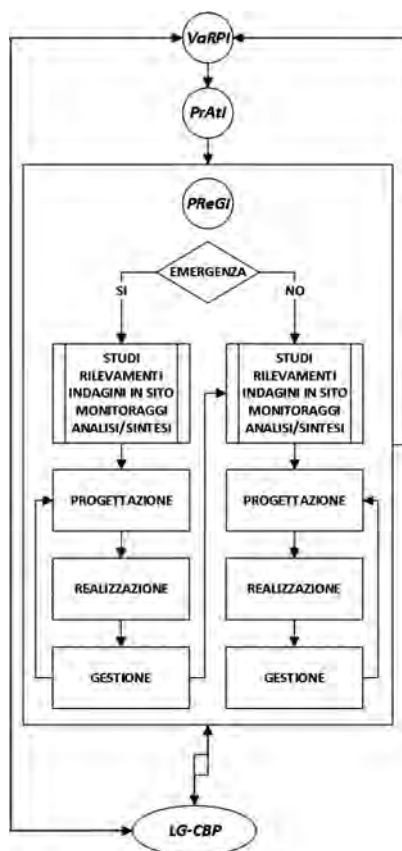


Fig. 9. Avvio in emergenza e migrazione per completamento ordinario nel sub-processo per la «Progettazione, Realizzazione e Gestione degli Interventi» (*PReGI*).

La forte integrazione tecnico-professionale e amministrativa delle attività svolte nel sub-processo *PReGI* richiede, per come previsto (Fig. 4), una costante ed ordinata interazione con gli approfondimenti e le nuove conoscenze tecnico-scientifiche man mano acquisite relativamente ai numerosi aspetti coinvolti (Gullà, 2013).

4.4. LINEE GUIDA E CODICI DI BUONA PRATICA

La scelta ed il dimensionamento delle opere che concorrono ad un intervento richiede, in definitiva, la definizione del modello geotecnico del movimento in massa di interesse (*PReGI*), così come le valutazioni di suscettibilità, pericolosità, vulnerabilità e rischio necessitano di idonee procedure e modelli (*VarPI*). Per entrambe le finalità richiamate la disponibilità di indicazioni scientifiche di supporto può migliorare in maniera significativa i risultati della *Filiera_AMiRRi*.



Fig. 10. Sub-processo «Linee Guida e Codici di Buona Pratica» (LG-CBP), finalizzato alla definizione di procedure per la scelta, il dimensionamento ed il monitoraggio degli interventi e per la valutazione della suscettibilità, pericolosità, vulnerabilità e rischio.

Al riguardo, il sub-processo *LG-CBP* (*Linee Guida e Codici di Buona Pratica*) si propone di fornire il supporto scientifico evidenziato considerando l'utilizzo di cinque procedure (Fig. 10), distinte ma sequenzialmente concatenate, nel cui ambito, utilizzando anche i dati le informazioni trasferite dai sub-processi *PRoGI* e *VaRPI*, si sviluppano, in piena autonomia, studi e ricerche sugli aspetti che concorrono direttamente ed indirettamente alle attività previste nella *Filiera_AMiRRi*.

Le procedure proposte riguardano:

- la tipizzazione dei fenomeni o eventi di movimento in massa;
- la tipizzazione delle opere che possono concorrere alla definizione degli interventi;
- la scelta delle opere che concorrono alla definizione di un intervento;
- il dimensionamento delle opere che concorrono ad un intervento;
- la tipizzazione delle reti integrate di monitoraggio per la gestione degli interventi.

Nel sub-processo *LG-CBP* i casi di studio considerati per le attività di interesse saranno riferiti a contesti geo-ambientali omogenei (Gullà *et al.*, 2010) e assimilati in prima istanza a movimenti in massa rappresentativi all'interno degli stessi contesti (Gullà & Niceforo, 2003; Gullà *et al.*, 2010).

4.4.1. Tipizzazione dei movimenti in massa

La tipizzazione dei movimento in massa, considerando preliminarmente gli elementi base che li caratterizzano, può essere avviata anche in emergenza (Gullà *et al.*, 2009).

Uno schema concettuale di tipizzazione è mostrato nella Figura 11. Le modalità di lavoro considerate consentono, man mano che si definiscono e si validano gli elementi conoscitivi necessari, di redigere Linee Guida e Codici di Buona Pratica per

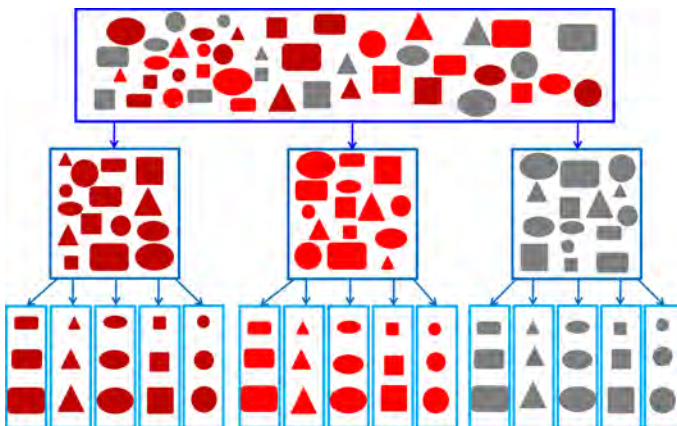


Fig. 11. Schema concettuale per la tipizzazione di movimenti in massa (da Gullà, 2013).

trasferire, dopo opportuna verifica, metodi, procedure, banche dati, sviluppi tecnologici per la trattazione di definiti movimenti in massa, caratteristici in contesti geo-ambientali omogenei, e supportare efficacemente in tal modo la progettazione, realizzazione e gestione degli interventi.

Gli elementi conoscitivi man mano considerati per la tipizzazione dei movimenti in massa (Gullà & Niceforo, 2003; Gullà *et al.*, 2010) costituiscono gli ingredienti da utilizzare per definire le relative stringhe di tipizzazione. Le stringhe di tipizzazione associate ad ogni singolo movimento in massa consentiranno la tipizzazione di categorie e tipologie di movimenti in massa, associabili a contesti geo-ambientali omogenei (Gullà *et al.*, 2010).

4.4.2. *Tipizzazione delle opere di stabilizzazione*

La tipizzazione delle opere che concorrono alla definizione degli interventi può essere riferita agli elementi che le individuano (materiali, caratteristiche geometriche, modalità di realizzazione, ecc.). Le stringhe di tipizzazione così definite per ogni opera sono utilizzate per guidare una prima scelta delle opere idonee, con riferimento alla stringa di tipizzazione disponibile per il movimento in massa di specifico interesse.

Una prima griglia di elementi per la tipizzazione delle opere è desumibile dai seguenti riferimenti:

- tipologia generale: non strutturale (regole di comportamento, reti di monitoraggio, ecc.) e strutturale (opere di sostegno, paratie, drenaggi, ecc.);
- azione generale esercitata: attiva (annulla o riduce la pericolosità/intensità della frana), passiva (annulla o riduce l'effetto che la frana può produrre su strutture/infrastrutture);
- azione specifica (fisica) esercitata per produrre adattamento, mitigazione, riduzione del rischio: incremento della resistenza a taglio, riduzione delle forze destabilizzanti, riduzione dei momenti destabilizzanti, incremento delle forze stabilizzanti, incremento dei momenti stabilizzanti.

Un primo schema di riferimento generale da cui trarre elementi per la definizione delle stringhe di tipizzazione delle opere è mostrato nella Figura 12, considerando che, nell'ambito della procedura in esame, un modulo di lavoro deve definire la predisposizione e l'aggiornamento di un elenco delle opere e l'attribuzione, ad ognuna delle stesse opere, della relativa efficacia per quanto desumibile dal comportamento degli interventi effettivamente realizzati per definiti movimenti in massa. Questo elemento di tipizzazione consentirà di validare progressivamente gli *Indicatori di Efficacia delle opere (IndEff)* definiti esclusivamente sulla base delle loro caratteristiche generali.

Ulteriori elementi per la tipizzazione delle opere potranno essere individuati con riferimento ad analisi di dettaglio di progettazioni e realizzazioni di interventi. Indicazioni per l'approfondimento del percorso delineato sono fornite da (Gullà & Niceforo, 2003).

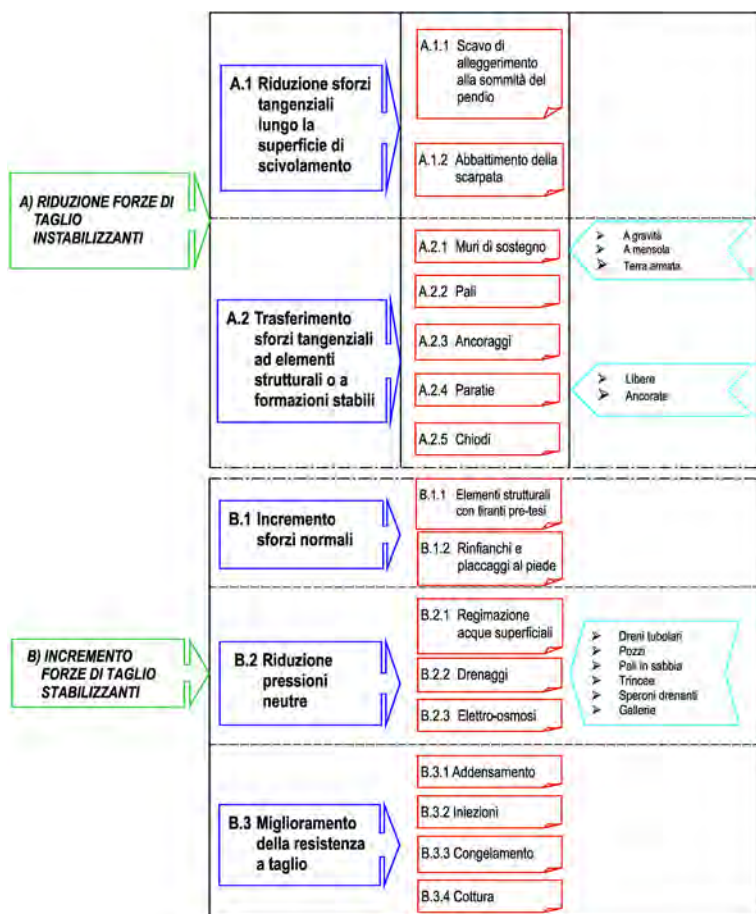


Fig. 12. Schema di riferimento generale per la tipizzazione delle opere che concorrono ad interventi di riduzione del rischio da frana (modificato da Gullà & Niceforo, 2003).

4.4.3. Scelta delle opere che concorrono all'intervento

Per la scelta delle opere che possono concorrere all'intervento di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio, considerando lo schema generale di lavoro mostrato nella Figura 10, si assume come riferimento la stringa di tipizzazione del movimento in massa di interesse e si individuano, utilizzando le relative stringhe di tipizzazione, le opere cui corrispondono i migliori indicatori di efficacia (*IndEff*). La scelta, ove siano disponibili le necessarie informazioni, deve essere validata sulla base delle indicazioni di efficacia desunte da interventi realizzati per movimenti in massa simili a quello di interesse.

La Stringa di Tipizzazione del Movimento in Massa (*STiMa*) cui è finalizzato

l'intervento e le Stringhe di Tipizzazione delle Opere (*STOp*), scelte per la definizione dell'intervento, forniscono la Stringa di Tipizzazione dell'Intervento (*STI*).

Una volta completata la realizzazione dell'intervento, le stringhe di tipizzazione (del movimento in massa, delle opere e dell'intervento) saranno preliminarmente validate ed inserite nei relativi elenchi. La validazione delle stringhe di tipizzazione proseguirà nella fase di gestione dell'intervento tipizzato.

4.4.4. Dimensionamento delle opere e dell'intervento e valutazione del rischio

Scelte le opere che in maniera più efficace possono concorrere all'intervento, il modello geotecnico, già definito per la tipizzazione del movimento in massa, fornisce le condizioni di carico da considerare per il dimensionamento di ognuna delle opere previste.

Il dimensionamento rappresenta un passaggio essenziale per garantire la migliore efficacia possibile all'intervento di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio. La disponibilità di indicazioni chiare e robuste riguardo le procedure di dimensionamento utilizzabili per le opere scelte rappresenta pertanto uno strumento potente. Analogamente, rappresenta uno strumento estremamente utile la disponibilità di indicazioni relative alle procedure per la valutazione della suscettibilità, pericolosità, vulnerabilità e rischio in aree omogenee dal punto di vista geologico.

Gli obiettivi evidenziati sono fra i risultati di sintesi delle attività di ricerca che, in piena autonomia, devono essere svolte nel sub-processo *LG-CBP* per produrre un costante e regolato trasferimento delle migliori pratiche proposte in ambito scientifico.

Il lavoro di approfondimento conoscitivo, svolto anche sulla base dei risultati forniti dai sub-processi *VaRPI* (pianificazione degli interventi e connessi quadri conoscitivi) e *PReGI* (interventi realizzati e connessi quadri conoscitivi), deve dunque essere finalizzato alla predisposizione di schede di dimensionamento o di valutazione, corredate da esempi applicativi (Gullà & Niceforo, 2003], associate alle opere tipizzate ed a contesti omogenei dal punto di vista geologico.

4.4.5. Rete integrata di monitoraggio e tipizzazione

Nel sub-processo *PReGI*, definite le opere che concorrono all'intervento per il movimento in massa di interesse, considerati gli elementi di tipizzazione dello stesso e le installazioni di monitoraggio già realizzate nella fase di indagine, si deve procedere alla progettazione e realizzazione della rete integrata di monitoraggio. In particolare, la rete integrata di monitoraggio deve riguardare il fenomeno e l'intervento, al fine di consentire nel tempo la verifica dell'efficacia delle azioni che le opere realizzate esercitano.

La rete integrata di monitoraggio rappresenta quindi lo strumento per la gestione dell'intervento e, contestualmente, per la validazione delle ipotesi fatte per la definizione del modello geotecnico del movimento in massa. La misura di scosta-

menti significativi rispetto alle assunzioni considerate per la definizione del modello geotecnico, da cui scaturisce la scelta ed il dimensionamento delle opere, deve dunque servire, ove necessario, per progettare e realizzare le opportune integrazioni e/o correzioni all'intervento.

Nell'ambito del sub-processo *LG-CBP*, l'esame delle reti integrate di monitoraggio realizzate, per interventi tipizzati relativi a movimenti in massa tipizzati, consente la predisposizione di schede di monitoraggio tipizzate. Le stesse schede, una volta disponibili in numero adeguato, possono essere confrontate ed opportunamente sintetizzate per proporre schemi generali per reti integrate di monitoraggio tipizzate, da assumere come riferimento nella progettazione, realizzazione e gestione di interventi relativi ad altri movimenti in massa tipizzati.

5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'interesse sempre maggiore che si registra nel sostegno da parte delle comunità alla sostenibilità ambientale, sociale ed economica delle azioni antropiche, trova fra le sue ragioni la sempre maggiore percezione dell'impatto dei frequenti e diffusi eventi di dissesto idrogeologico.

Per evitare che le legittime richieste di sostenibilità delle azioni antropiche si traducano in un freno per lo sviluppo sostenibile, equilibrato e diffuso delle stesse comunità è necessario assumere fra gli obiettivi prioritari la continuità nella realizzazione e la sempre maggiore efficacia degli interventi (*IntAMiRiR*), che a loro volta devono essere sostenibili in termini ambientali, sociali ed economici.

Lo stato di fatto riguardo la previsione, la prevenzione ed il controllo del rischio idrogeologico è noto: condizioni di rischio diffuse; fenomeni ed eventi di dissesto idrogeologico che si manifestano con cadenza annuale in tutti i territori, ma con effetti molto differenziati in termini di impatto; risorse limitate per gli interventi; procedure per la progettazione degli interventi poco accompagnate da linee guida e codici di buona pratica; procedure amministrative per l'appalto dei lavori di realizzazione e gestione complesse, ridondanti, poco efficaci, lunghe, incerte e non attente a salvaguardare l'efficacia delle soluzioni tecniche; conoscenze specifiche notevoli, sempre più spesso non sufficientemente validate, poco veicolate verso i professionisti a vario titolo interessati agli interventi; scarsa integrazione delle conoscenze disciplinari nelle norme, nei regolamenti e nelle procedure per la pianificazione, programmazione, progettazione, realizzazione e gestione degli interventi.

Sono numerosi i nodi da sciogliere, ma le attività da svolgere per conseguire l'obiettivo (adattamento, mitigazione e riduzione del rischio) possono vedere amplificati notevolmente i loro risultati se si sviluppano ed adottano idonei strumenti di integrazione delle conoscenze, delle norme, dei regolamenti e delle procedure per la pianificazione, programmazione, progettazione, realizzazione e gestione degli interventi.

In particolare, l'elevata e frequente incidenza degli effetti prodotti dagli *EDId*

sulle strutture e infrastrutture, l'utilizzo oculato delle risorse finanziarie disponibili, la necessità di garantire la massima efficacia possibile agli interventi, assicurandone al contempo la sostenibilità ambientale e sociale, richiede un cambio di strategia per la pianificazione, programmazione, progettazione, realizzazione e gestione delle azioni di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio da dissesti idrogeologici.

L'insieme complesso delle attività tecnico-amministrative e di quelle scientifiche, direttamente ed indirettamente connesse all'adattamento, alla mitigazione ed alla riduzione del rischio, richiedono interazioni non semplici, dovendosi anche confrontare con numerosi vincoli amministrativi e finanziari. Le oggettive difficoltà tecnico-amministrative nella progettazione, realizzazione e gestione degli interventi trovano riscontro nella creazione di apposite strutture speciali a livello nazionale e regionale.

Un avvio robusto ed il mantenimento ordinario dell'obiettivo di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio richiede la formalizzazione dei processi, delle procedure, dei moduli e delle attività che concorrono all'obiettivo indicato. La filiera di lavoro deve considerare tutte le attività necessarie evitando intralci e stimolando sinergie. Le attività amministrative e di spesa, che devono essere rigorose, non sono in contrapposizione e non possono prescindere dagli obiettivi tecnici che rendono le progettazioni, realizzazioni e gestioni efficaci e sostenibili.

La *Filiera AMiRRi* assicura una fluida circolarità al processo complessivo partendo da una prima valutazione delle condizioni di rischio e prevedendone da subito un aggiornamento regolare e sistematico, sulla base degli esiti delle azioni di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio che si sono già attuate e che si andranno ad attuare, Fig. 4. Nella cornice generale proposta il sub-processo *Linee Guida e Codici di Buona Pratica (LG-CBP)* riveste un ruolo essenziale per dare concreta attuazione e sempre maggiore efficacia alle azioni di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio da eventi di dissesto idrogeologico, attraverso l'approfondimento scientifico di tutti gli aspetti connessi ai fenomeni di dissesto idrogeologico.

La definizione di strategie e strumenti per la previsione, la prevenzione e la gestione del rischio rappresenta un obiettivo di estremo rilievo, al cui conseguimento le comunità scientifiche possono e devono contribuire in maniera convinta, ma senza rincorrere forzature comunicative che inducono a contrarre inopportunamente i tempi di validazione degli avanzamenti conoscitivi e degli sviluppi tecnologici connessi. La corretta comunicazione e informazione relativa agli eventi di dissesto idrogeologico ed ai loro effetti, nonché quella concernente le capacità di previsione e prevenzione dei fenomeni, è un punto imprescindibile. Il percorso metodologico proposto, integrando e coordinando competenze e strumenti disciplinari, può consentire in tempi ragionevoli l'utilizzo efficace, nonché il progressivo sviluppo innovativo, di conoscenze, procedure e tecnologie per l'adattamento, la mitigazione e la riduzione del rischio prodotto da eventi di dissesto idrogeologico.

BIBLIOGRAFIA

- Antronico L., L. Borrelli, R. Coscarelli, G. Gullà, 2015. *Time evolution of landslide damages to buildings: the case study of Lungro (Calabria, southern Italy)*. Bulletin of Engineering Geology and Environment, 74, 47-59.
- Antronico L., G. Gullà, 2000. *Slopes affected by soil slips: validation of an evolutive model*. Proceedings of the 8th International Symposium on Landslides in Research, Theory and Practice, Cardiff, 26-30 June 2000, pp. 77-84.
- Borrelli L., L. Antronico, G. Gullà, G.M. Sorriso-Valvo, 2014. *Geology, geomorphology and dynamics of the 15 February 2010 Maierato landslide (Calabria, Italy)*. Geomorphology, 208, 50-73.
- Borrelli L., G. Cofone, R. Coscarelli, G. Gullà, 2015. *Shallow landslides triggered by consecutive rainfall events at Catanzaro strait (Calabria-Southern Italy)*. Journal of Maps, 11 (5), 730-744.
- Brunetti M., T. Caloiero, R. Coscarelli, G. Gullà, T. Nanni, C. Simiolo, 2012. *Precipitation variability and change in the Calabrian region (Italy) from a high resolution daily dataset*. International Journal of Climatology, 32, 57-73.
- Cascini E., L. Cascini, G. Gullà, 1992. *A back-analysis based on piezometers response*. Proceedings of the 6th International Symposium on Landslides, Christchurch, 10-14 February 1992, Vol. 2, 1123-1128.
- Cascini L., M. Ciurleo, S. Di Nocera, G. Gullà, 2015. *A new-old approach for shallow landslide analysis and susceptibility zoning in fine-grained weathered solis of southern Italy*. Geomorphology, 241, 371-381.
- Cascini L., G. Gullà, 1993. *Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni prodotti dall'alterazione di rocce gneissiche*. Rivista Italiana di Geotecnica, Anno XXVII, N. 2, Aprile-Giugno 1993, 125-147.
- Cascini L., G. Gullà, G. Sorbino, 2006. *Groundwater modelling of a weathered gneissic cover*. Canadian Geotechnical Journal, 43 (11), 1153-1166.
- Cascini L., P. Versace, 1988. *Relationship between rainfall and landslides in a gneissic cover*. Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, 10-15 July 1988, Vol. 1, pp. 565-570.
- COP 21, 2015. *Conference of Parties*. Stade de France, Paris, 7-8 December 2015, <http://www.cop21paris.org/>.
- Gullà G., 2013. *Instabilità dei versanti e frane: dall'emergenza alla prevenzione*. In: *L'acqua in Calabria: risorsa o problema?* (a cura di Dramis F., A. Mottana), Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, Scritti e Documenti XLVII, Aracne Editrice s.r.l., pp. 73-99.
- Gullà G., 2014. *Field monitoring in sample sites: hydrological response of slopes with reference to widespread landslide events*. Procedia Earth and Planetary Science, 9, 44-53.
- Gullà G., L. Aceto, L. Antronico, M. Cilento, D. Niceforo, E. Perna, O. Terranova, 2004 a. *Failure and post failure conditions of a landslide involving weathered and degraded rocks*. Proceedings of the 9th International Symposium on Landslides, Rio de Janeiro, June 28 - July 7, 2004, pp. 1241-1246.
- Gullà G., L. Aceto, S. Critelli, F. Perri, 2008 a. *Geotechnical and mineralogical characterization of fine grained soils affected by soil slips*. Proceedings of the 10th International Symposium on Landslides, June 30 - July 4, 2008, Xi'an, China, pp. 373-379.
- Gullà G., L. Aceto, D. Niceforo, 2004 b. *Geotechnical characterisation of fine-grained soils affected by soil slips*. Proceedings of the 9th International Symposium on Landslides, Rio de Janeiro, June 28 - July 7, 2004, pp. 663-668.
- Gullà G., L. Antronico, L. Borrelli, T. Caloiero, R. Coscarelli, G. Iovine, G.P. Nicoletti, A.A. Pasqua, O. Petrucci, O. Terranova, 2009. *Indicazioni conoscitive e metodologiche connesse all'evento di dissesto idrogeologico dell'autunno-inverno 2008-2009 in Calabria*. Geologi Calabria (Rivista dell'Ordine dei Geologi della Calabria), Anno 10, N. 1, 4-21.

- Gullà G. (Responsabile scientifico), L. Antronico, M. Brunetti, R. Coscarelli, S. Critelli, F. Dramis, G. Iovine, M. Mattei, P. Molin, F. Muto, T. Nanni, O. Petrucci, G. Robustelli, M. Sorriso-Valvo, P. Versace, 2010. *Relazioni finali*. POR Calabria 2000-2006, Asse 1 - Risorse naturali, Misura 1.4 - Sistemi insediativi, Lotto Progettuale n. 1 - “*Sviluppo ed applicazione di metodi per la valutazione della pericolosità dei fenomeni di dissesto dei versanti*”, http://www.regione.calabria.it/abr/index.php?option=com_content&task=view&id=458&Itemid=297.
- Gullà G., L. Antronico, P. Iaquina, O. Terranova, 2008 b. *Susceptibility and triggering scenarios at a regional scale for shallow landslides*. *Geomorphology*, 99, 39-58.
- Gullà G., T. Caloiero, R. Coscarelli, O. Petrucci, 2012. *A proposal for a methodological approach to the characterization of Widespread Landslide Events: an application to Southern Italy*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 165-173.
- Gullà G., D. Niceforo (curatori), 2003. *Linee guida per interventi di stabilizzazione di pendii in aree urbane da riqualificare-LINEE GUIDA*. Autori: L. Antronico, E. Ferrari, G. Gullà, M. Sorriso-Valvo, C. Tansi, O. Terranova, L. Aceto, D. Niceforo. CNR-IRPI_Sezione di Cosenza, Regione Calabria – P.O.P. 1994/99-Misura 4.4 «Ricerca Scientifica e Tecnologica» Tutela dell'ambiente e del territorio – «Metodologie e strumenti per la riqualificazione urbana», Rubbettino Industrie Grafiche ed Editoriali, 196 pp.
- Gullà G., D. Niceforo, G. Ferraina, L. Aceto, L. Antronico, 2004 c. *Monitoring station of soil slips in a representative area of Calabria (Italy)*. *Proceedings of the 9th International Symposium on Landslides*, Rio de Janeiro, June 28 - July 7, 2004, pp. 591-596.
- Gullà G., D. Peduto, L. Borrelli, L. Antronico, G. Fornaro, 2016. *Geometric and kinematic characterization of landslides affecting urban areas: the Lungro case study (Calabria, Southern Italy)*. *Landslides*, DOI 10.1007/s10346-015-0676-0.
- Maiorano S.C., L. Borrelli, N. Moraci, G. Gullà, 2015. *Numerical modelling to calibrate the geotechnical model of a deep-seated landslide in weathered crystalline rocks: Acri (Calabria, Italy)* (Lolilino G., D. Giordan, G. Crosta, J. Corominas, R. Azzam, J. Wasowski, N. Sciarra eds.), *Engineering Geology for Society and Territory – Vol. 2*, pp. 1271-1274.
- Petrucci O., G. Gullà, 2009. *A support Analysis Framework for mass movement damage assessment: applications to case studies in Calabria (Italy)*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 315-326.
- Petrucci O., G. Gullà, 2010. *A simplified method for landslide damage scenario assessment based on historical data*. *Natural Hazards*, 52, 539-560.
- Petrucci O., A.A. Pasqua, G. Gullà, 2010. *Landslide damage assessment using the Support Analysis Framework (SAF): the landsliding event in Calabria (Italy)*. *Advances in Geosciences*, 26, 13-17.