PROGRAMMA PER IL SUPPORTO AL RAFFORZAMENTO DELLA GOVERNANCE IN MATERIA DI RIDUZIONE DEL RISCHIO AI FINI DI PROTEZIONE CIVILE:

RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO

A51_LG1

Linee guida per la scelta della tipologia di sistemi di monitoraggio speditivi in funzione dei fenomeni idrogeologici ed idraulici in funzione dei fenomeni idrogeologici ed idraulici

Bozza di livello 2 – Versione 2.1
20.12.2021

CIMA
POLIMI
IRPI
CAMI lab
CiNiD

Azione

A51

Criteri per individuazione degli interventi non strutturali necessari a raggiungere un livello standard minimo di riduzione del rischio (predicibilità dei fenomeni, monitoraggio e allertamento, azioni/interventi di protezione civile da porre in essere per i vari fenomeni idraulici e idrogeologici).

Partner

Fondazione CIMA

Autori

Fabio Violante

Note / Dettagli

Sommario

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni i fenomeni meteorologici estremi, correlati ad una maggiore incuria del territorio e ad una crescente urbanizzazione delle aree, hanno portato ad un aumento dei danni e conseguentemente un aumento degli impatti delle precipitazioni intense. Tali fenomeni, per poter essere gestiti devono in ogni modo rientrare all'interno di un sistema di gestione dell'evento e di allertamento dell'intero sistema di protezione civile. Le fasi operative di gestione di un'emergenza devono essere attivate da ciascun livello territoriale in base ad un input previsionale o in base ad una specifica situazione in atto sul territorio. L' attività di osservazione strumentale o l'osservazione degli effetti al suolo causati dalle piogge, se ricondotte al superamento di soglie, garantiscono oggettività al processo di gestione degli eventi e uniformità decisionale indipendentemente dal singolo operatore, consentendo inoltre un passaggio di fase puntuale e non ambiguo. (*Aggiornamento del sistema di allertamento e linee guida per la pianificazione del livello comunale e provinciale di protezione civile della Regione Liguria, 2017*).

Nell'ambito delle attività PON GOV 2014 – 2020 "Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio ai fini di protezione civile – rischio idrogeologico e idraulico" e nelle more della definizione dei criteri per l'individuazione degli interventi non strutturali necessari per la riduzione del rischio, è stata predisposta una review dei sistemi di monitoraggio speditivi in funzione dei fenomeni idrogeologici ed idraulici. In linea con l'obiettivo 1 dell'offerta tecnica del PON, questo documento mira a *definire i criteri per la scelta della tipologia di sistemi di monitoraggio speditivi* attraverso i quali supportare le Regioni obiettivo del PON e a cascata i comuni ad esso pertinenti, per comprendere in modo speditivo eventi in atto e il loro possibile impatto sul territorio. Per l'individuazione degli strumenti idonei alle attività di monitoraggio speditivo, vi è la necessità di definire dei criteri di scelta tali da garantire una migliore gestione degli eventi prevedibili, definire in secondo luogo i fenomeni che dovranno essere osservati ed individuare, grazie all'analisi scientifica ed accademica sulla materia.

Le attività operative di gestione dell'emergenza legate all'osservazione dei fenomeni devono necessariamente essere combinate. In questo modo, i decisori hanno la possibilità di:

(i) monitorare i fenomeni attraverso l'utilizzo di strumenti integrabili tra loro
(ii) impostare il sistema di monitoraggio dei fenomeni attraverso l'utilizzo di soglie predefinite collegate ad azioni/fasi operative;
(iii) allertare la popolazione in un tempo utile a mettere in atto le misure di auto-protezione, attraverso l'utilizzo di un sistema di comunicazione

L'attività di monitoraggio attraverso strumenti di tipo speditivo trova ulteriore riscontro all'interno delle politiche di riduzione del rischio sia a livello comunitario che internazionale. Il *Sendai Framework for disaster risk reduction 2015 – 2030* , nell'ambito della priorità di azione n° 1: Conoscere i rischi da disastro, identifica come le azioni di monitoraggio e la loro integrazione all'interno di un sistema di early warning siano necessarie per aumentare la disseminazione di strumenti con lo scopo di registrare, raccogliere e condividere le informazioni sui loss data e rafforzare le azioni di riduzione di rischio attraverso le implementazioni di modelli, valutazione degli scenari di rischio, monitoraggio e sistemi early warnings multirischio (*punto 25. Lettera (a) pagg. 16 – Sendai Framework for disaster risk reduction 2015 – 2030, UNISDR*).

Facendo riferimento alla direttiva del Presidente del Consiglio dei ministri del 27 Febbraio del 2004 e ss.mm.ii. sul sistema di allertamento nazionale per i fenomeni idrogeologici ed idraulici, viene demandato alle strutture regionali competenti (centro funzionale decentrato) il compito di mettere in opera le fasi di previsione, di monitoraggio e sorveglianza, definendo queste ultime come: i) un'osservazione qualitativa e quantitativa, diretta e strumentale, dell'evento meteo-idrologico ed idrogeologico in atto, ii) previsione a breve dei relativi effetti attraverso il nowcasting meteorologico e/o modelli afflussi-deflussi inizializzati da misure raccolte in tempo reale.

Anche per il codice di protezione civile (d.lgs. 1/2018 e ss.mm.ii.), le attività di monitoraggio rivestono un ruolo fondamentale all'interno dei sistemi di allertamento multirischio. L'art. 19 del sopracitato codice prevede anche il coinvolgimento della comunità scientifica con particolare attenzione alle attività ordinarie e operative condotte in favore delle componenti del Servizio Nazionale che includono, tra l'altro, il monitoraggio e la sorveglianza degli eventi, lo sviluppo di banche dati e ogni altra attività utile per la gestione delle emergenze e la previsione e prevenzione dei rischi che fornisca prodotti di immediato utilizzo.

2. DEFINIZIONE DI MONITORAGGIO SPEDITIVO

Un sistema di monitoraggio integrato viene messo in opera con l'obiettivo di raccogliere, normalizzare e rappresentare i dati provenienti da differenti sensori, strumenti, sottosistemi, siti e localizzazioni. (*La gestione del monitoraggio strumentale integrato attraverso l'utilizzo di strumenti CAD e GIS, dbcad*). Monitorare l'evolversi degli eventi meteorologici, idraulici e geologici nonché il loro impatto sul territorio è di fondamentale importanza nell'ambito di una gestione ottimale delle emergenze. Essendo questi avvenimenti molto impattanti sul territorio, poter disporre di procedure, modelli e dispositivi interoperabili nonché di sistemi di soglie predisposti per l'attivazione/disattivazione di fasi operative di gestione dell'emergenza può rappresentare un notevole balzo in avanti nei termini della riduzione dei rischi da disastro.

Le attività di monitoraggio, siano esse connesse all'evento in corso di evento o in previsione dello stesso, possono essere distinte in due tipologie:

- Strumentale: le attività di monitoraggio strumentale vengono effettuate attraverso tool, modelli o strumenti in grado di determinare l'innesco o l'evolversi di un fenomeno su un territorio
- Presidio territoriale: le attività di presidio territoriale possono essere considerate come attività di monitoraggio on-site di un evento attraverso l'impiego di squadre tecniche o grazie all'impiego del volontariato.

Uno degli obiettivi dell'attività A_5_1 è quello di definire i criteri per la scelta della tipologia di sistemi di monitoraggio speditivi idonei a rafforzare e supportare, nelle Regioni obiettivo del PON, le azioni di monitoraggio dei fenomeni idrogeologici ed idraulici. Le azioni/criteri così strutturate, possono essere utilizzate dai Comuni o dagli Ambiti nella scelta dei sistemi di monitoraggio più idonei per monitorare, in modo rapido, l'evolversi degli eventi e il loro possibile impatto sul territorio.

Si intende, dunque, definire l'attività di monitoraggio speditiva come: *l'osservazione di eventi naturali in atto su un territorio attraverso l'utilizzo di strumentazione, tale da fornire informazioni sull'evoluzione di un fenomeno producendo dati rappresentativi che soddisfino i seguenti criteri: (i) in breve tempo (real time o near-real time), (ii) con un' elevata capacità di risposta per l'attivazione delle procedure previste dai piani di protezione civile, (iii) associati a sistemi di soglia, (iv) che restituiscano dati che siano di facile ed immediata interpretazione, (v) con la possibilità di essere interoperabili con altro tipo di strumentazione ed (vi)integrabili all'interno di una piattaforma di visualizzazione del dato (open software o client software open) e/o in un early warning system al fine di poter allertare la popolazione su un evento in atto, (vii) anche attraverso l'utilizzo di strumentazione a basso costo sia per quanto riguardo l'acquisto che per il costo della misura.*

3. TIPOLOGIE DI STRUMENTI DI MONITORAGGIO SPEDITIVO

Di seguito verranno esplicitate le varie tipologie di strumenti per il monitoraggio speditivo per i fenomeni idrogeologici ed idraulici. In questo caso sono stati riportati i risultati della desk-review della letteratura scientifica e accademica presente sul tema del monitoraggio. La review iniziale è stata predisposta per comprendere quali sono i possibili criteri per l'individuazione delle tipologie di strumenti per il monitoraggio speditivo. L'aggregazione degli strumenti di monitoraggio è stata organizzata in modo da aggregare gli strumenti per tipologia di **fenomeni osservabili**, aggregazione per **scenario di evento** e aggregazione per i **criteri individuati come speditivi**.

Nell'ambito della definizione degli obiettivi della Linea Guida si valuteranno i sistemi di monitoraggio più efficaci in base a:

i. tipo di variabile misurabile dallo strumento;
ii. caratteristiche fisiche del territorio;
iii. scenari di evento previsto;
iv. caratteristiche tecniche degli strumenti;
v. fenomeni osservabili;
vi. capacità di risposta del sistema di protezione civile.

3.1. AGGREGAZIONE PER FENOMENI OSSERVABILI

Come specificato nel capitolo precedente, la scelta ottimale di uno strumento di monitoraggio non può prescindere dalla conoscenza del fenomeno. All'interno di questo paragrafo sono stati caratterizzati i fenomeni

legati al rischio idrogeologico ed idraulico, partendo da quella che può essere considerata la forzante ad esso associata. La strumentazione così individuata può essere associata alla tipologia di fenomeno, al tipo di misura e alle caratteristiche del territorio. In linea con le direttive nazionali, nello specifico si considera l'articolo 16, comma 1 del D.LGS 1/2018 e ss.mm.ii, per la definizione degli strumenti idonei al monitoraggio dei fenomeni connessi a rischi da fenomeni meteorologici avversi, rischio idrogeologico e rischio idraulico

3.1.1. FENOMENI IDROLOGICI CONNESSI AI RISCHI DA FENOMENI METEOROLOGICI AVVERSI

Possono essere considerati idrologici, tutti i fenomeni in cui la forzante meteorologica, associata alla scala spaziale e temporale dell'evento, causa criticità per lo più associate all'altezza e l'intensità delle precipitazioni. Il monitoraggio delle precipitazioni intense può essere effettuato a diverse scale spaziali, a seconda del tipo di strumento che si vuole utilizzare. A seconda della durata delle precipitazione e dell'estensione delle stessa, i diversi strumenti di monitoraggio - utilizzati in modo singolo o combinato – possono fornire informazioni utili ai decisori/utenti finali. Per i fenomeni idrologici, possono essere associati diversi livelli di criticità a cui far corrispondere delle azioni dette fasi operative in cui il sistema reagisce agli eventi ed effetti al suolo. I livelli di criticità possono essere stabiliti sulla base dell'intensità della precipitazione e al superamento di determinati livelli di soglia predefiniti per alcuni intervalli temporali su zone e territori spazialmente diversi, diversificando anche i vari fenomeni associati alle piogge (frane, inondazioni). Allo stato attuale, i fenomeni idrologici a carattere temporalesco (intenso e di breve durata) risultano difficilmente localizzabili, risultando critici per il reticolo idrografico minore e per le reti fognarie.

3.1.1.1. PLUVIOMETRI

Il pluviometro è uno strumento che consente la misurazione dei quantitativi di precipitazione meteorica. In molti casi si parla di misurazione diretta del dato pluviometrico, in quanto legato molto al luogo in cui è installato in quanto registra l'effettiva quantità di pioggia. L'uso dei pluviometri è necessario per i fenomeni di rapida evoluzione, in quanto in alcune tipologie di scenario, come le precipitazioni sui bacini piccoli risultano poco strumentati o comunque con un tipo di strumentazione non idonea a registrare una tipologia di fenomeno. Di contro analizzando fenomeni che si verificano in piccoli bacini, l'evoluzione dei fenomeni avviene in tempi molto ristretti tali che alcuni strumenti pluviometrici non posseggono caratteristiche tecniche tali da consentire registrazioni dei fenomeni di breve durata. Nelle applicazioni operative, i pluviometri possono essere associati ad altri strumenti per la valutazione degli effetti al suolo delle piogge o a più pluviometri costituenti una rete di monitoraggio pluviometrico, in questo caso i pluviometri devono avere quantomeno una risoluzione spazio-temporale adeguata a coprire le zone a monte e a valle di un bacino in funzione alla dimensione dello stesso. Alcuni pluviometri consentono l'impostazione di un sistema di soglie da associare a fasi operative da attivare avendo la possibilità di mettere in atto le adeguate azioni di protezione civile. Uno svantaggio che può derivare dal solo uso dei pluviometri è quello della scarsa risoluzione spaziale dovuta alla località in cui il pluviometro viene installato. Il caso più frequente legato alle criticità dello strumento è quello in cui una precipitazione avviene tra due strumenti, non registrando il dato di pioggia.

3.1.1.2. RADAR BANDA C/X

Un dispositivo RADAR è costituito da un trasmettitore, un ricevitore, un'antenna ed un registratore. Il trasmettitore genera una serie di impulsi di durata t, aventi una certa frequenza e larghezza di banda. Le immagini prodotte dalle acquisizioni dei dati radar risultano essere delle stime di pioggia basate sulla misura della riflettività, che vengono rielaborate attraverso l'uso di algoritmi. Alcuni tool e prodotti che utilizzano il dato radar vengono utilizzato a scopo di monitoraggio in molte regioni ed enti internazionali, integrando all'interno di procedure ed algoritmi delle correzioni ricavate dalla rete pluviometrica nazionale. In questo modo il dato di pioggia ricavato dall'acquisizione delle immagini radar consente di avere una maggiore percezione della quantità di pioggia/precipitazioni occorse su un territorio. Il radar meteorologico può potenzialmente garantire una maggiore efficacia, rispetto all'utilizzo della sola sensoristica pluviometrica al suolo. Tali vantaggi sono evidenti quando si vuole identificare e classificare fenomeni temporaleschi intensi e molto localizzati dove, grazie all'alta risoluzione spazio-temporale garantita dalla rete radar nazionale, risulta possibile avere informazioni fino alla scala comunale. Va detto, di contro, che dal punto di vista pratico a causa di vari fattori quali i) tempistiche di misura ii) tempistiche di post processing del dato grezzo per renderlo il più possibile affidabile e fruibile iii) tempistiche di trasmissione dei dati e dei prodotti nei sistemi utilizzati dal personale che addetto al monitoraggio iv) interpretazione e lettura del dato stesso, l'interpretazione dell'acquisizione radar può essere associata ad un elevata competenza tecnica dell'operatore addetto. Il dato radar meteorologico

può essere demandato ad un livello superiore a quello dell'ente locale (Centri funzionali decentrati presso le strutture regionali di protezione civile)

3.1.1.3. OSSERVAZIONI DA PRESIDIO TERRITORIALE PER I FENOMENI IDROLOGICI

Il presidio territoriale è definito dalla citata direttiva sull'organizzazione del sistema di allertamento nazionale del 27 febbraio del 2004, come tutte quelle attività di monitoraggio e sorveglianza fissa o itinerante di punti definiti critici, variabile a seconda della fase operativa attivata, volte ad identificare criticità sul territorio. Le osservazioni dei presidi territoriali sono volte ad informare i decisori sugli effetti al suolo delle precipitazione al fine di fornire osservazioni e informazioni utili per i passaggi di fase operativa. In questo modo le informazioni provenienti dai presidianti devono essere codificate al fine di garantire un corretto flusso di comunicazione verso gli organi decisionali e approntare le prime misure urgenti per fronteggiare l'evento. La declinazione del presidio territoriale avviene in punti in cui possono sussistere criticità su piccoli bacini idrografici o centri urbani, ovvero limitati a punti di criticità locali o comunali. Per i fenomeni idrologici, quindi associati ad eventi meteorici intensi a carattere temporalesco o persistente su centri urbani ovvero in zone in cui sussistono piccoli bacini scarsamente strumentati o non strumentati, ad esempio, i presidi territoriali possono avere una rapidità di impiego e di dispiegamento, facendo arrivare informazioni in tempo reale, da zone in cui gli strumenti di misurazione potrebbero non garantire una rapidità di risposta tale per approntare le prime misure di intervento urgente. I fenomeni idrologici possono essere considerati come forzante per i fenomeni idraulici e geologici, come vedremo nei prossimi paragrafi, in cui a seguito di intense e abbondanti precipitazioni possono innescarsi dei fenomeni di piena di bacini principali o secondari o di movimenti gravitativi di versante in cui le osservazioni e il monitoraggio "a vista" dei punti considerati critici da parte dei presidianti risultano fondamentali. Nel caso dei fenomeni idrologici, la scala di attivazione del presidio territoriale può essere di livello locale, in cui a seconda legislazione vigente, possono essere identificate diverse squadre di presidianti, che possono variare dalla porzione di territorio da monitorare, dal numero di punti critici, il tempo di risposta del bacino idrografico o dalla grandezza del centro urbano. Le osservazioni che provengono dai presidianti durante un evento meteorologico-idrologico possono essere supportate dalle misurazioni degli strumenti di tipo speditivo come pluviometri e idrometri, non solo per la valutazione degli effetti al suolo delle piogge ma soprattutto come supporto nella decisione per i passaggi di fase operative conseguenti e previsti dalla pianificazione, attraverso una valutazione oggettiva degli effetti al suolo. Si rimanda ai report prodotti dal CAMILAB all'interno del progetto PON GOVERNANCE 2014-2020 per approfondimenti sulle attività e sulla costituzione delle squadre di presidi territoriale

3.1.1.4. STRUMENTAZIONE SPERIMENTALE PER IL MONITORAGGIO DEGLI EVENTI METEOROLOGICI – IDROLOGICI E/O NON SPEDITIVA

Nell'ambito della ricerca scientifica, sono stati sviluppati molti strumenti per la stima dell'intensità delle piogge in aree altamente urbanizzate. Le nuove tecnologie consentono nuove applicazioni nello studio dei fenomeni idrologici intensi e persistenti, soprattutto per lo studio di questi nelle applicazioni dei centri urbani. In molti casi questo tipo di strumentazione sfrutta l'imponente nuova tecnologia di connessione, dei big data e dell'IoT (Internet of things) e le moderne tecnologie nell'ambito delle infrastrutture di comunicazione. L'Internet of Things, che può essere considerato come un nuovo utilizzo degli oggetti e della loro presenza all'interno delle reti di condivisioni dati, è in costante espansione: secondo un recente rapporto redatto da Ericsson, entro il 2021 ci saranno ben 16 miliardi di dispositivi connessi alla rete e, entro il 2018, la IoT supererà il mobile come numero di dispositivi collegati. (*Ericsson mobilty report, 2018*). L'IoT e l'utilizzo dei big data potranno "riconoscere" automaticamente i fenomeni temporaleschi e avvisare l'utente delle norme di comportamento da utilizzare nel caso. In questo caso l'utilizzo della condivisioni tra reti mobili o in cell broadcast, integrato con la sensoristica al suolo, potrebbero rendere le reti intelligenti e mettere in atto, automaticamente una serie di azioni in autonomia, come ad esempio azionare un impianto semaforico per la chiusura di una strada o di un sottopasso. Si cita, a titolo di esempio, il sistema di allarme pubblico denominato "IT-Alert", le cui modalità di organizzazione e svolgimento sono disciplinate, così come previsto dall'articolo 15, del Codice, con direttiva del Presidente del Consiglio dei ministri del 23 ottobre 2020 e dalle conseguenti indicazioni operative del Capo del Dipartimento della protezione civile. It-Alert adotta lo standard internazionale «Common Alerting Protocol» (CAP) per garantire la completa interoperabilità con altri sistemi, nazionali e internazionali, di divulgazione di allerte e allarmi di emergenza e avvisi pubblici. IT-Alert puo' diramare messaggi attraverso i seguenti canali di comunicazione: il canale istantaneo «cell broadcast», gestito in autonomia da ciascun operatore nazionale di telefonia mobile per le celle telefoniche di propria competenza, attraverso cui i messaggi sono ricevuti dalla popolazione sui «terminali utente» presenti in una determinata area geografica

individuata dalla copertura locale delle reti mobili (ad esempio, i telefoni cellulari, smartphone, tablet). Lo sviluppo dei big data porterà le macchine ad essere in grado di processare con una rapidità di risposta un quantitativo enorme di dati, tali da produrre delle mappe di precipitazione sempre più accurate e precise.

Altro utile strumento di indagine sperimentale per il monitoraggio dei fenomeni idrologici e meteorologici risultano essere i Signal of Opportunity ovvero tutti quei segnali che utilizzati per scopi diversi da quelli meteorologici possono dare delle informazioni ritenute secondarie in merito all'attenuazione dei segnali. Fa dà esempio l'attenuazione dei segnali satellitari che avviene con l'approssimarsi di una precipitazione a carattere di temporale intenso. Alcune ricerche scientifiche hanno applicato questo tipo di tecnica, ricreando dalle attenuazione dei segnali satellitari delle mappe di intensità di pioggia, localizzando o quanto meno approssimando il posizionamento delle perturbazioni. Esempio di applicazione dei Signal of Opportunity è il progetto NefoCast, che vede tra i partner l'università di Pisa (UNIPI), Il Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni – Laboratorio RaSS (CNIT), e l'Istituto di Biometeorologia del CNR (IBIMET). Attraverso l'attenuazione di segnali provenienti dai ricevitori satellitari (SmartLBN) ed alcuni pluviometri connessi all'interno di una rete di strumentazioni smart, possono essere elaborate mappe di precipitazioni intense nel brevissimo periodo e mappe di nuvolosità tali da poter avere quanto meno una direzione di movimento delle perturbazioni.

Altro importante strumento che può essere utilizzato durante un'emergenza sono i social network. Molti studi scientifici mostrano come le informazioni postate dagli utenti delle piattaforme possono essere processate da elaborati algoritmi, che geolocalizzando i cluster di informazioni/post provenienti da determinate aree, possono generare delle mappe in cui vengono restituite informazioni, restituendo in questo modo dati utili sulla definizione di aree maggiormente colpite dai fenomeni idrologici.

Al di là dei semplici numeri, gli esperti si interrogano su come questa enorme mole di dati verranno utilizzati. Le attività delle aziende che si occupano di nuove tecnologie di comunicazione e di storage dei dati, risulta essere sempre più sviluppato sulle città interconnesse e smart in cui l'informazione del cittadino/utente risulta integrabile con l'informazione scientifica, ovvero la citizen science. Per citizen science si intendono tutte quelle attività di ricerca scientifica a cui partecipano semplici cittadini. L'Oxford English Dictionary nel 2014 l'ha definita come "attività scientifica condotta da membri del pubblico indistinto in collaborazione con scienziati o sotto la direzione di scienziati professionisti e istituzioni scientifiche". Questo tipo di informazioni è spesso correlata al crowdsourcing ovvero tutte quelle informazioni che possono essere raccolte dai cittadini o che proviene da reti di cittadini. Il tipo di informazione può essere differenziata a seconda del tipo di approccio richiesto dal cittadino. Questa può variare dalla semplice rilevazione passiva a quella in cui le rilevazioni sono partecipate. Ovvio che in questo caso tutte le informazioni che ne derivano aprono un problema sulla veridicità, sulla soggettività del rilevatore e su questioni di etica della citizen science, nonché di responsabilità giuridica. Un esempio di applicazione del citizen scientist e del crowdsourcing è il progetto METEONETWORK.

Attraverso le nuove tecnologie, alcune start up stanno sviluppando sistemi che permettono la stima dell'intensità di pioggia attraverso l'uso delle telecamere di sorveglianza, fotocamere installate all'interno degli smartphone di ultima generazione, l'attenuazione dei segnali satellitari e anche grazie alle nuove installazioni tecnologiche sulle autovetture (tergicristalli smart) che collegati a reti dati mobili possono inviare dati sull'intensità della pioggia. Questi dati, utilizzati in maniera integrata possono fornire informazioni di tipo speditivo ma alla condizione attuale ancora di difficile utilizzo e con ancora poche integrazioni nella realtà. Si conviene che questo tipo di strumento posso essere utilizzato in pochi casi studio e per lo più da un punto di vista scientifico più che operativo. L'integrazione di queste informazioni associata alla sensoristica al suolo e quella radar, potrebbe affinare l'individuazione e il monitoraggio dei fenomeni meteorologici intensi.

3.1.2. FENOMENI IDRAULICI CONNESSI AL RISCHIO IDRAULICO

Sono considerati idraulici, tutti quei fenomeni in cui l'applicazione di una forzante meteorologica a diversa scala spaziale e temporale su bacini idrografici con specifiche caratteristiche dimensionali, determina delle criticità spesso correlate alla velocità del corso d'acqua e all'altezza del tirante idraulico. Il monitoraggio dei livelli idraulici può essere effettuato a diverse scale spaziali, a seconda del tipo di strumento che si vuole utilizzare. A seconda del corso d'acqua da monitorare, i diversi strumenti di monitoraggio - utilizzati in modo singolo o combinato – possono fornire informazioni utili ai decisori/utenti finali. La prevedibilità dei fenomeni idraulici è facilmente prevedibile quando questo interessa un corso d'acqua di notevole lunghezza, che consente una valutazione quanto più ottimale dell'onda di piena che associata a diverse altezze e soglie, consente una gestione efficace del monitoraggio. I corsi d'acqua di medie dimensioni, la prevedibilità può al

più avvenire in senso statistico e, comunque, la disponibilità di misure idrometriche in tempo reale consente soltanto la validazione dei modelli previsionali ed il monitoraggio e la sorveglianza degli eventi in atto. Per i rii e i corsi d'acqua a carattere torrentizio, ovvero tutti quei corsi d'acqua che sottendono bacini con tempi di corrivazioni molto breve, il margine di prevedibilità del fenomeno, risulta essere il più basso, in quanto il più delle volte in queste aree vi è una bassa densità di strumenti. Quando gli eventi di piena interessano corsi d'acqua a carattere torrentizio, non arginati, facenti parte del reticolo idrografico secondario e, in particolare, di sub-bacini montani e collinari caratterizzati da tempi di corrivazione molto brevi, da fenomeni di sovralluvionamento che possono significativamente modificare l'evoluzione dell'evento e da più limitata densità delle reti di monitoraggio, la previsione del fenomeno alluvionale è difficoltosa e meno affidabile.

3.1.2.1. IDROMETRI

L'idrometro è uno strumento che permette il rilevamento delle quote idrometriche di fiumi o laghi. Questo può avvenire tramite la lettura dell'altezza del livello attraverso una barra graduata, attraverso la ricezione di un segnale ad ultrasuoni e/o radar o di un segnale video. Per "livello idrometrico" in un determinato luogo del fiume si intende il dislivello tra la superficie dell'acqua di un fiume ed un punto di riferimento altimetrico, che può essere il livello medio del mare (l.m.m) oppure lo "zero" dell'idrometro stesso (detto "zero idrometrico"). Grazie all'uso di modelli specifici correlati alla lettura delle altezze idrometriche, nella fase di monitoraggio, l'utilizzo di questo tipo di strumento risulta molto utile al fine di poter stabilire il tempo massimo di esondazione di un fiume. Associato a questo tipo di attività, l'associazione dei livelli idrometrici a sistemi di soglie associate a fasi operative consente di poter valutare l'andamento dell'onda di piena. Alcune tipologie di strumenti di tipo idrometrico consentono all'utente/utilizzatore di poter impostare un sistema di soglie in funzione del corso d'acqua da monitorare, in modo da poter avere un sistema dinamico di gestione delle piene, anche in funzione delle "lesson learned" di eventi passati e/o non previsti. Come già ampiamente segnalato, la previsione delle piene dipende molto dalla scala spaziale del bacino da monitorare. Gli idrometri potrebbero essere poco efficaci su rii e aste fluviali secondarie, in quanto i tempi di risposta potrebbero essere anche inferiori alle capacità di lettura dello stesso strumento. Viceversa, gli idrometri risultano molto efficaci sui grandi bacini fluviali. La tipologia di idrometro presente sul mercato varia a seconda del tipo di misura che si intende compiere. Esistono quindi: aste idrometriche, che consistono nell'installazione di un'asta di lunghezza nota che consente una lettura immediata dell'altezza del livello idrometrico; idrometro ad ultrasuoni che consiste in un apparecchio che emette un fascio di ultrasuoni che viene poi ricevuto dallo strumento stesso una volta raggiunto il corso d'acqua che valuta il tempo di ritorno per stimare il livello idrometrico; l'idrometro radar, consiste nello stesso funzionamento dell' idrometro ad ultrasuoni ma risente meno del "rumore" provenienti dalle forti precipitazioni.

3.1.2.2. OSSERVAZIONI DA PRESIDI TERRITORIALI IN FUNZIONE DEI FENOMENI IDRAULICI

Una delle declinazioni dei presidi territoriali, è quella utilizzata per il controllo dei fenomeni idraulici. Il presidio territoriale idraulico, come definito dalla citata direttiva del 27 febbraio 2004 sul sistema di allertamento, consiste in una serie di attività e azioni volte al controllo e alla sorveglianza dei livelli idrici e alla sorveglianza delle arginature (ex servizio di piena) e che concorre al governo delle piene. Le attività principali del presidio territoriale idraulico possono essere ricondotte all'intensificazione e il rafforzo dell'evolversi dei livelli idrici lungo il corso d'acqua per assicurarsi che un evento intenso nelle zone montane e/o collinari non abbia conseguenze pericolose sui tratti vallivi, sia per sormonto e/o rottura arginali e o di infrastrutture trasversali, sia per ostruzione delle luci di ponti a causa dell'eccessivo materiale trasportato; attivare il pronto intervento idraulico ed i primi interventi urgenti, qualora, si manifestino dei danneggiamenti delle opere idrauliche di difesa, oppure degli elementi significativi di disturbo della corrente di piena quali frane in alveo ed ostruzioni temporanee. La competenza del presidio territoriale idraulico può essere ricondotta al livello provinciale (ove presente) e regionale in quanto nella maggior parte dei casi i corsi d'acqua portano a delle criticità su porzioni estese di territorio che coinvolgono più comuni. Si rimanda ai report prodotti dal CAMILAB all'interno del progetto PON GOVERNANCE 2014-2020 per approfondimenti sulle attività e sulla costituzione delle squadre di presidi territoriale.

3.1.2.3. TELECAMERE E FOTOCAMERE AD ALTA RISOLUZIONE PER IL CONTROLLO DEI LIVELLI IDROMETRICI

L'avvento delle nuove tecnologie di comunicazione e di scambio dati, lo sviluppo di telecamere e videocamere ad alta risoluzione hanno consentito lo sviluppo di alcuni tipi di strumenti di monitoraggio che sono in grado di leggere il livello di un corso d'acqua ed inviare i dati ad un sistema centrale, all'interno del quale un utente può

impostare livelli di soglia di allerta e ricevere messaggi e comunicazioni a riguardo. Il monitoraggio attraverso le telecamere ad alta risoluzione consente di visualizzare i livelli idrici di un corso d'acqua. Il sistema consiste in una lettura ottica del tirante idraulico in cui viene analizzata l'altezza della stessa proiettata ad un punto di riferimento e direzionata verso un'asta idrometrica di altezza nota. La videocamera nella maggior parte dei casi è installata esternamente al corso d'acqua, in modo tale da non portare al danneggiamento dello strumento in caso di piena. I sistemi di monitoraggio dei livelli idrometrici attraverso l'uso di telecamere di tipo smart possono essere utilizzati anche sui piccoli corsi d'acqua che hanno un tempo di risposta inferiore alle 3 ore. In questo modo, le immagini registrate in tempo reale, consentono all'operatore di poter visualizzare la situazione di un corso d'acqua, attraverso la lettura del livello idrometrico e supportare i decisori nelle azioni di salvaguardia del territorio. I sistemi di controllo del livello idrometrico attraverso l'uso di telecamere smart possono elaborare anche la velocità del flusso idrico e la portata attraverso l'elaborazione di immagini passate. In ogni caso alcuni sistemi danno la possibilità di poter acquisire ed elaborare immagini e dati con una frequenza pari a 5 minuti. Per la lettura della velocità e della portata, elaborano l'immagine real-time con quella precedente, elaborando una differenza tra le increspature delle onde generate dal flusso idrico.

3.1.2.4. LE INFORMAZIONI PROVENIENTI DAL TERRITORIO PER LA VALIDAZIONE DEI MODELLI AFFLUSSI/DEFLUSSI E SCENARI DI RISCHIO: IL CROWDSOURCING

L'utilizzo delle informazioni provenienti dal territorio attraverso la VGI (volunteered geographic information), consentono di poter effettuare un rapid mapping per la valutazione post evento dell'altezza dei tiranti idraulici per calibrazione/integrazione di modelli idraulici in bacini non strumentati. Il tipo di informazione proveniente per lo più dalla cittadinanza, può definirsi come un importante supporto per la mappatura degli eventi che possono verificarsi nei centri urbani o nei piccoli bacini. Questo tipo di informazione, il più delle volte puntuale e georiferita, consente di ampliare la modellistica post-evento e mettere in opera una serie di attività per la riduzione dei rischi in area in cui non vi era la presenza di strumenti di monitoraggio. L'informazione che ne viene fuori è quella di un modello di afflusso/deflusso in 2d fisicamente basato attraverso l'integrazione dei dati VGI (volunteered geographic information) per la calibrazione dei modelli. Poser e Dransch (2010) hanno valutato l'uso di informazioni geografiche volontarie per la valutazione del danno da alluvione. Gli autori hanno esaminato le persone colpite da un evento di alluvione fluviale per comprendere la loro percezione dell'inondazione e lo hanno confrontato con le previsioni sulla modellazione idraulica, identificando che i non professionisti possono fare utili valutazioni dell'estensione e della profondità dell'acqua.

3.1.2.5. SATELLITI: UTILIZZO PER MONITORAGGIO POST-EVENTO E LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RESIDUO

Attraverso l'uso delle costellazioni satellitari e con l'uso di strumentazione SAR, è possibile utilizzare questi strumenti per monitorare e valutare le zone colpite da un evento. Le due famiglie di satelliti – COSMO SkyMed e Copernicus – sono equipaggiate con radar ad apertura sintetica (SAR), che consentono di catturare immagini anche nelle ore notturne e in presenza di nuvole. I dati provenienti dalle costellazioni satellitari consentono di avere un monitoraggio continuo, necessario sia nelle applicazioni meteorologiche che per lo studio dei movimenti di versante. L'uso della strumentazione satellitare varia molto a seconda delle caratteristiche fisiche del territorio. Come dato a favore dell'uso dei dati satellitari abbiamo che il telerilevamento da satellite consente un'acquisizione ad una scala spaziale molto ampia e con una risoluzione temporale regolare nel tempo che consente un monitoraggio dei fenomeni che si verificano su bacini medio-grandi. (De Agostini, l'utilizzo dell'interferometria radar satellitare nella caratterizzazione dei fenomeni franosi a differenti scale di indagine), d'altra parte nelle attività di monitoraggio degli eventi idraulici, non sempre l'acquisizione delle immagini avviene con un tempo tale da poter valutare le zone allagabili, dovuto sia al ritardo dell'acquisizione dell'immagine sia ad un effettivo delay tra l'evento e il posizionamento del satellite (Es. Evento alluvionale del Sannio, 15 ottobre 2015. Alcune aree inondate dall'evento di piena del beneventano, non risultavano coinvolte dal passaggio della piena per via di un ritardo nell'acquisizione dell'immagine, non sono state acquisite correttamente), andando anche ad incidere sulla risoluzione spaziale dell'acquisizione dell'immagini, in quando risulterebbe di difficile osservazione nei bacini piccoli.

3.1.3. FENOMENI GEOLOGICI CONNESSI AL RISCHIO IDROGEOLOGICO

I fenomeni geologici sono quelli associati alla movimentazione di materiali coerenti e non coerenti, (terre e/o rocce) sottoposti a forze esterne o interne che innescano il disequilibrio di un versante. Il più delle volte i fenomeni di movimentazione di versante sono per lo più associati a piogge intense di breve durata o persistenti nel tempo. In presenza della forzante meteorologica, può incidere il contenuto d'acqua presente all'interno dei

materiali geologici, innescando fenomeni di disequilibrio. Si precisa che tali fenomeni possono verificarsi anche in assenza di forzante meteorologica, dove anche la sola azione della forza di gravità può innescare disequilibri di versante con conseguenti effetti al suolo. Tali scenari possono essere determinati, altresì, da altri eventi non dominati dalla piovosità, quali, in presenza d'innevamento consistente e diffuso, dall'innalzamento repentino delle temperature medie anche in presenza di forti venti, con la conseguente e rapida fusione degli accumuli nevosi, oppure, da eventi sismici tali da manifestare risentimenti anche nelle aree ad elevato e molto elevato rischio idrogeologico. Il monitoraggio delle frane potrà essere effettuato a differenti scale temporali e geografiche (versante, bacino, regionale). A scala di versante, possono essere predisposti sistemi di monitoraggio in tempo reale di singole frane, porzioni di frane, o gruppi di frane in aree di limitata estensione e di particolare interesse (centri abitati, strutture o infrastrutture rilevanti, o loro porzioni). A scala di bacino e regionale, cioè in aree comprese tra alcune decine ed alcune migliaia di km, possono essere realizzati e/o aggiornati i modelli di propensione al dissesto, inclusi modelli e mappe di suscettibilità per diverse tipologie di frana. Un altro importante aspetto per il monitoraggio dei corpi di frana è quello della caratterizzazione geometrica e geomorfologica del corpo di frana. La tipologia di strumentazione dipende da fattori come la tipologia e la sua evoluzione spazio-temporale, il materiale coinvolto, l'estensione e il volume dell'ammasso roccioso. (*Sdao, Tecniche e metodi, anche innovativi, per lo studio e il monitoraggio dell'instabilità dei versanti, 2009*). Il monitoraggio dei fenomeni franosi rappresenta la base per la realizzazione di piani e programmi che si propongono come obiettivo la prevenzione dei rischi connessi all'instabilità dei versanti e al dissesto idrogeologico. In caso di frane meteo-indotte la permeabilità regola la velocità con cui le pressioni neutre nel sottosuolo si adeguano alla condizione idraulica al contorno. La risposta è rapida nei terreni permeabili, in cui risultano critiche le piogge intense di breve durata. I Terreni a grana fine, a causa della loro bassa permeabilità rispondono lentamente e con ritardo agli eventi meteorici (le pressioni neutre nel sottosuolo aumentano lentamente nel tempo) in quanto l'infiltrazione è modesta anche in periodi di piogge intense. Le rimobilitazioni di frane in terreni a grana fine avvengono essenzialmente a seguito di piogge prolungate, piuttosto che intense. (*Urcioli, Monitoraggio e sistemi di preannuncio di frane rapide (early warning), 2013*). Prevedere un sistema di monitoraggio dei parametri atmosferici risulta, dunque, necessario al fine di poter avere una visione unitaria dei fenomeni in atto su un territorio e comprendere meccanismi di innesco e movimenti. Un piano di emergenza nel caso del rischio di frana deve disporre di sistemi di controllo (reti di monitoraggio) che consentano di individuare con sufficiente precisione la possibile evoluzione del fenomeno temuto verso una fase parossistica in modo da rendere possibile l'attivazione dell'emergenza. (*Ponte, il monitoraggio dei fenomeni franosi, UniCal, 2010*).

3.1.3.1. GPS/GNSS

È un sistema di posizionamento globale, cioè un sistema che funziona utilizzando misure di tempo. Associato alle orbitre stabilite dai satelliti, permettono di ottenere la posizione in quell'istante di un dato punto sul globo terrestre. I satelliti emettono incessantemente dei segnali elettromagnetici che possono essere captati e memorizzati da speciali ricevitori a terra e che permettono, mediante sofisticate elaborazioni, di determinare con elevata precisione la posizione occupata dai ricevitori. Il GPS ha una grande diffusione grazie ai vantaggi che è in grado di offrire: precisione superiore ai 3mm ± 0.5, purché siano usate certe procedure; omogeneità del sistema di riferimento: per ogni punto si hanno sempre le coordinate cartesiane (x, y, z) e le coordinate geografiche ellissoidiche WGS84; riduzione dei tempi da dedicare alle varie misure che si traducono in concreti benefici economici (Ponte, 2010). L'utilizzo del GPS per il monitoraggio dei fenomeni geologici permette di assegnare un indirizzo univoco ad ogni metro quadro di versante interessato dal monitoraggio. Per lo studio dell'evolversi di un corpo di frana bisogna realizzare un piano di monitoraggio per il controllo degli spostamenti e dell'evoluzione morfodinamica dei movimenti di massa individuati nei siti investigati attraverso l'installazione di punti di controllo, che possono essere stabili o mobili per valutare gli eventuali spostamenti delle masse rispetto a dei punti stabili. (marker e capisaldi). In questo caso è possibile avere dati in tempo quasi reale tale da poter essere collegato ad un sistema di soglie e ad un sistema di gestione dei dati, che in questo caso, può consentire ad un decisore di attuare delle azioni per fronteggiare l'evento. Spesso, i sistemi GPS sono associati ad un set di strumenti – che integrati tra loro – consentono di avere un monitoraggio ottimale del fenomeno in atto. A titolo di esempio, non si prescinde dall'installazione di una serie di pluviometri per il monitoraggio dei movimenti anche per valutare la possibilità di presenza di acqua nel terreno. Risulta non utilizzabile in aree chiuse o limitate con copertura boschiva e in presenza di interferenze elettromagnetiche.

3.1.3.2. RADAR BANDA L

I satelliti radar emettono un segnale elettromagnetico il quale viene riflesso dalla superficie terrestre. Il segnale riflesso viene rilevato dal sensore che calcola l'ampiezza e la fase, ovvero la quantità di segnale ricevuto e il tempo che ha impiegato per tornare al rilevatore. In questo caso la frequenza del segnale radar è nel campo delle microonde. Un vantaggio immediato è che, diversamente dall'ottico, "vede" anche in condizioni meteo sfavorevoli, ad esempio in presenza di una copertura nuvolosa. Il radar in Banda L viene utilizzato per il monitoraggio delle instabilità di versante ed ha una risoluzione in ground range ~9m e una risoluzione in azimuth ~5m. Per acquisire dati dal punto di vista del monitoraggio, vengono scelti dei segnali stabili nel tempo che vengono definiti persistent scatterers, che consentono di valutare lo spostamento differenziale di un punto. L'obiettivo è trasformare i PS in uno strumento operativo in funzione dell'individuazione e mappatura delle frane, per il monitoraggio delle stesse e il possibile preannuncio di trigger dello stesso, attraverso l'utilizzo di modelli (Abbattista, Monitoraggio continuo delle frane con tecnologia radar da satellite,2011)

3.1.3.3. SATELLITI

I satelliti riescono a fornire un monitoraggio continuo, per lo studio dei movimenti di versante, un rilevamento globale di copertura del suolo o la formazione d'immagini per lo studio di aree urbane, necessitano di tipi di orbita diversi. . Applicando alla strumentazione satellitare l'uso dell'interferometria SAR vi è la possibilità di poter definire lo stato di attività di una instabilità di versante con una grande risoluzione sia spaziale che temporale; la disponibilità di misure frequenti e regolari nel tempo con i sensori satellitari, e di misure pressoché continue con sensori posti a terra ma, d'altro canto, il telerilevamento RADAR presenta anche alcuni svantaggi: che i dati rilevati devono essere validati da una campagna di terreno e soprattutto le condizioni di acquisizione influenzano la qualità del dato (rilievo, pendenza e giacitura superfici, ombre). Ai fini del monitoraggio bisogna tenere conto del tempo di rivisitazione che non consente in molti casi un monitoraggio continuo dei movimenti franosi, compatibile con le esigenze di protezione civile

3.1.3.4. ESTENSIMETRI, INCLINOMETRI, DISTOMETRI, TDR, SPIE E GRIGLIE, PIEZOMETRI

L'estensimetro è un particolare tipo di sensore utilizzato per rilevare le deformazioni fisiche di un corpo sottoposto a sollecitazioni meccaniche, in grado di convertire un segnale in ingresso (una deformazione lineare), in un segnale di uscita di natura diversa (elettrica, acustica, ottica, etc). Permettono di misurare e di controllare sia l'apertura di superfici di discontinuità che l'eventuale scorrimento di blocchi rocciosi. Quando la distanza tra i due punti di ancoraggio è dell'ordine di 1-3 m si utilizzano gli estensimetri a barra. Quando la distanza è maggiore (5-50 m) si utilizzano gli estensimetri a filo.

Gli inclinometri (o sensori antiribaltamento) misurano l'inclinazione in modo assoluto rispetto al centro della terra. Questi valori vengono trasmessi tramite sensori o anche segnali analogici ad un'unità di controllo e comando superiore. Gli inclinometri si adattano ottimamente al rilevamento delle inclinazioni rispetto al centro della terra ed alla trasmissione del riscontro di posizione ad un'unità di controllo principale. Tali strumenti consentono di misurare l'entità, la direzione e il verso di spostamento dell'ammasso instabile. I metodi geodetico-topografico, consistono nel misurare gli spostamenti di corpi di frana basati sul controllo degli spostamenti di punti materializzati con pilastrini posti sulla superficie del terreno, sono pienamente affidabili. Attraverso l'utilizzo di teodoliti e distometri vengono misurate le distanze in intervalli di tempo e ripetute. Le misure possono essere fatte anche a distanza. Questo tipo di strumentazione consente di poter ricavare informazioni sulla rottura prima che essa avvenga.

Le spie e le griglie risultano degli strumenti molto semplici da utilizzare per il monitoraggio di fratture in ammassi rocciosi conseguenti a possibili instabilità di versante. Consistono in vetrini o sbarrette di gesso che si rompono con l'aumentare delle deformazioni in essere. Questi consentono di conoscere le deformazioni ma non le entità di quest'ultime. Le griglie, rispetto alle spie, forniscono anche un'indicazione dell'entità del movimento e consentono anche di monitorarne l'evoluzione nel tempo.

L'impiego della tecnica TDR (time domain reflectometry) per il monitoraggio di movimenti franosi è relativamente recente, ma conta già numerosi esempi d'applicazione. Essa si basa sulla deformazione di cavi coassiali cementati nel terreno interessato dal movimento. La deformazione del cavo produce lo schiacciamento del dielettrico in esso contenuto, provocando una variazione di impedenza. La centralina di misura invia un impulso elettrico lungo il cavo, monitorando il segnale di ritorno. La distanza della rottura del misuratore è proporzionale al tempo impiegato tra andata e ritorno del segnale dopo che questo è stato

riflesso. Sono disponibili cavi TDR di differente diametro. Essi sono forniti di sigillatura nella parte distale e di connettore (per il collegamento in superficie) verso la centralina di lettura.

I piezometri consentono di misurare il contenuto di acqua all'interno dei terreni per la valutazione della variazione delle pressioni neutre. Questo tipo di misura consente di misurare il carico idraulico di una falda ad una certa profondità. L'uso di piezometri consente di ricostruire la superficie piezometrica della falda, ossia la superficie lungo la quale la pressione dell'acqua è pari a quella atmosferica. La superficie piezometrica viene ricostruita interpolando le misure effettuate in più piezometri presenti nell'area investigata. Attraverso il monitoraggio di questa tipologia di parametri, è possibile definire la circolazione idrica nel sottosuolo e della sua evoluzione nel tempo in relazione a cause naturali o antropiche, individuando le possibili cause innescanti l'instabilità dei pendii e di definirne le sue condizioni di stabilità.

3.1.3.5. LASER SCANNING

Per la comprensione ed il monitoraggio di fenomeni franosi di grandi dimensioni e di difficile perimetrabilità si stanno sperimentando analisi multitemporali con tecnica laser scanning da piattaforma aerea. Scopo e campo di applicazione del progetto, oltre che l'acquisizione e la modellazione della superficie rilevata, è il confronto multitemporale di DTM al fine di determinare correttamente i movimenti del dissesto in atto. Il sistema permette l'acquisizione di una doppia eco misurando il tempo di arrivo della prima e dell'ultima riflessione dell'impulso laser infrarosso. Dalle analisi del "ground" del primo rilievo si sono rilevati particolari geomorfologici assolutamente non osservabili sia dalla carta tecnica regionale che dalle analisi di fotografie aeree.

3.1.3.6. DRONI ED AEROMOBILI A PILOTAGGIO REMOTO (UNMANNED AERIAL VEHICLE)

L' Unmanned Aerial Vehicle (UAV), è un velivolo caratterizzato dall'assenza del pilota umano a bordo. Il suo volo è controllato dal computer a bordo del velivolo, sotto il controllo remoto di un navigatore o stazione a terra. La possibilità di montare diversi sensori di alta risoluzione (camere digitali, termocamere, telecamere, GPS, ecc.) lo rendono versatile e adattabile ad ogni esigenza particolare. Il vantaggio dei sistemi del monitoraggio basati sul UAV è: volo anche autonomo, bassa quota, veloce e stabile, acquisizione di alta risoluzione e basso costo. Il monitoraggio delle frane a partire da fotogrammetria UAV e il suo confronto con i dati ottenuti con RADAR a terra, permetterà di poter fornire ai decisori dati che possono essere utilizzati anche in real-time. La fotogrammetria digitale aerea è una tecnica estremamente efficace per il rilievo ed il controllo del territorio, in quanto consente, in tempi brevi, di generare modelli digitali del terreno mediante procedure automatiche. Il confronto diretto di questi modelli, registrati in uno stesso sistema di riferimento ma riferite ad epoche diverse, permette di ricostruire l'evoluzione temporale degli spostamenti in atto sulle superfici fisiche osservate e quindi monitorare fenomeni a rapida evoluzione e ridotta o media copertura spaziale. Le risoluzioni ottenibili dipendono dalla quota di volo (in questo caso, prossimità all'obiettivo) e dalla qualità della camera utilizzata. Il drone a pilotaggio remoto può essere utilizzato anche come strumento per il supporto alle decisioni, nel caso di frane da crollo e/o frane a cinematica medio-lenta. L'evidenza e l'occorrenza di alcuni fenomeni possono fare arrivare un'informazione tale da supportare una decisione nell'ambito di attività di protezione civile. In alcune realtà, il drone viene utilizzato da personale autorizzato al volo con la possibilità di invio di immagini in tempo reale presso la sala operativa, in modo da definire strategie ed azioni di protezione civile, come chiusure di strade ed arterie principali.

3.1.3.7. OSSERVAZIONI DA PRESIDI TERRITORIALI IN FUNZIONE DEI FENOMENI GEOLOGICI

La declinazione per i fenomeni geologici prende il nome di presidio territoriale idrogeologico. Per il rischio derivante dai fenomeni geologici, il presidio territoriale idrogeologico consiste nelle attività relative ai dissesti di versante dovute sia dagli eventi connessi alle forzanti meteorologici che in assenza di fenomeni. Come già specificato nell'introduzione al paragrafo (prf. 3.1.3.) i fenomeni geologici possono essere scatenati anche in assenza di forzante o nelle fasi successive. Gli scenari di rischio e la loro evoluzione nel tempo su cui i presidi idrogeologici dovranno interfacciarsi possono essere basati su osservazioni su campo a "vista" o con l'uso di idonea strumentazione anche su base speditiva, in modo da dare delle indicazioni oggettive ai decisori sugli effetti dei dissesti. Nello specifico si possono evidenziare come fenomeni quelli di fessure, lesioni, variazioni della superficie topografica connessi a piccoli movimenti franosi diffusi e/o ai maggiori corpi di frane attive e quiescenti; - evidenze connesse a movimenti franosi già diffusamente innescati e/o in atto. Tutti questi fenomeni possono essere osservati attraverso l'integrazione dei vari strumenti di rilevamento e monitoraggio, nonché sulla base dell'esperienze dello stesso. Il sistema dei presidi territoriali idrogeologici è costituito da unità professionali esperte, volontari di protezione civile o unità appartenenti ad altri corpi o strutture operative, adeguatamente addestrati e specializzati nella difesa del suolo e protezione civile. Le osservazioni provenienti

dalle squadre di presidianti sul territorio per i fenomeni di tipo geologico possono svolgere attività a supporto della protezione civile attraverso il monitoraggio locale delle aree ad elevato rischio idrogeologico, attraverso la valutazione, diretta e in tempo reale, dell'insorgenza di fenomeni precursori di dissesto potenzialmente pericolosi per l'incolumità delle persone e il supporto nell'adozione delle misure di coordinamento, comando e controllo stabilite dalla pianificazione di protezione civile. Le osservazioni che provengono dai presidianti durante un evento meteorologico e/o idrogeologico possono essere supportate dalle misurazioni degli strumenti di tipo speditivo come i pluviometri e gli strumenti per il controllo della gestione dei movimenti gravitativi di versante e non solo per la valutazione degli effetti al suolo delle piogge ma anche come supporto nella decisione per i passaggi di fase operative conseguenti e previsti dalla pianificazione.

3.1.3.8. SENSORI ACUSTICI E SENSORI DI PRESSIONE

I sensori acustici, le celle di carico e i sensori di pressione, sono per lo più utilizzati in caso di movimenti gravitativi su versanti aperti e/o canalizzati. Attraverso questo tipo di strumentazione è possibile portare avanti delle campagne di investigazione su tutti i fenomeni franosi. Alcune applicazioni sperimentali sono state studiate su terrenti che per loro natura generano le colate rapide. Da queste indagini è emerso che i sensori sismici ed acustici sembrano mostrare promettenti possibilità di utilizzo per la mitigazione del rischio da frana, in quanto è stato notato come alcuni fenomeni di dissesto generano rumore e la liberazione di vibrazioni. A titolo di esempio, viene riportata una ricerca effettuata sul M.te Cervino. Sono state utilizzate delle reti microsismiche per individuare le sedi di crolli potenziali e per stabilire la relazione tra variazioni di temperatura ed emissioni acustiche in roccia. È invece attualmente in fase di sperimentazione l'utilizzo di sensori geofonici e sismometri per la realizzazione di innovativi sistemi di allarme per colate detritiche, capaci di rilevarne l'arrivo con un significativo margine di tempo di anticipo. (CNR-IRPI). Le celle di carico e i sensori di pressione, possono essere utilizzati per monitorare il passaggio di colate rapide e debris flow in aree note e soggette a fenomeni di questo tipo. Il sensore di pressione che può essere collegato ad un EWS può emettere un segnale che viene mandato ad un ricevitore, il quale può generare un segnale di tipo warning per identificare il passaggio di un flusso di materiale.

3.1.3.9. GEOFONI, SENSORI DI VIBRAZIONE E SENSORI A STRAPPO

I bacini attrezzati per il monitoraggio delle colate detritiche contribuiscono alla conoscenza di questi processi fornendo dati altrimenti non ottenibili che risultano il più delle volte dei fenomeni caratterizzata da breve durata e solitamente intervallati da lunghi periodi di inattività. Le vibrazioni indotte nel terreno dal passaggio delle colate possono essere misurate utilizzando sensori sismici. A questo scopo, possono essere utilizzati diversi tipi di sensori: geofoni, sismografi, accelerometri. Il segnale in uscita da questi sensori è costituito da una tensione; nota una costante strumentale, è possibile determinare la velocità di vibrazione del terreno. Gli aspetti positivi dell'utilizzo di questi sensori sismici è che questo non è a contatto con la colata e vi è la possibilità di installazione lungo le sponde del torrente (più semplice e sicura rispetto, ad esempio, ai sensori ad ultrasuoni). Altro strumento che può essere utilizzato per le colate rapide o detritiche sono i cavi a strappo. Questi consentono di rilevare il passaggio di una colata detritica e di misurarne la massima profondità di flusso. La registrazione del momento in cui avviene lo strappo consente anche di identificare il momento in cui avviene l'evento. L'utilizzo di tali sensori consente di rilevare l'occorrenza di fenomeni quali le colate in condizioni di osservazione spesso difficoltose. D'altro canto, questo tipo di strumentazione possiede delle limitazioni ed inconvenienti dovuti alla misura approssimata della sola profondità massima e il più delle volte la strumentazione può essere danneggiata dal passaggio del materiale, richiedendo costi di manutenzione e/o ripristino importanti. (*Marchi, CNR-IRPI, 2011*)

3.1.3.10. ECOMETRI RADAR E AD ULTRASUONI

La misurazione di un segnale attraverso l'utilizzo di un ecometro ad ultrasuoni o radar, consiste in un invio di un fascio di onde ad ultrasuoni o nell'invio di un segnale e calcolo di tempo di ritorno della stessa al ricettore. Questi strumenti possono essere assimilati come utilizzo agli idrometri. Questo tipo di strumentazione può avere una difficoltà nell'uso di campionatori e, in genere, di sensori a contatto con la miscela fluente. L'utilizzo di questo tipo di strumento consente di stimare la misura della profondità di flusso e generando idrogrammi di flusso. Per la stima delle misure provenienti dagli ecometri, devono essere impostati tempi di campionamento molto più brevi (indicativamente 1 ÷ 2 secondi) di quelli normalmente utilizzati per la misura dei livelli idrometrici di corsi d'acqua non interessati da colate detritiche. La velocità media di una colata detritica può essere determinata dividendo la distanza fra due sensori in grado di rilevare il passaggio della colata per il tempo intercorso fra il manifestarsi della colata nelle due sezioni. (*Marchi, CNR-IRPI, 2011*).

3.2. CRITERI PER L'IDENTIFICAZIONE DI STRUMENTI DI MONITORAGGIO IDONEI PER I FENOMENI IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI

Di seguito, vengono riportati i criteri per l'identificazione e per la scelta corretta degli strumenti di monitoraggio speditivo per lo studio dell'evoluzione dei fenomeni idrogeologici ed idraulici. Per identificare gli strumenti più idonei alla fase di monitoraggio strumentale di un evento può rivelarsi necessario stabilire delle macro-aree di interesse. La scelta dello strumento più efficace deriva da diversi fattori che possono essere identificativi dell'evento stesso. Sono state scelte alcune macroaree di interesse, che potrebbero essere ampliate, aggiornate o modificate in base anche alle suggestioni future sul proseguimento dei lavori del PON GOV, considerando questo documento un prodotto dinamico. I suddetti criteri sono stati definiti in seguito ad interlocuzioni con esperti e ad una desk-review scientifica dello stato dell'arte delle attività di monitoraggio in campo nazionale ed internazionale. Uno strumento per essere definito speditivo deve rispettare questi parametri:

- **strumento low cost**: ovvero il costo della strumentazione deve essere di almeno 1/3 inferiore al costo di una strumentazione top gamma
- **dato e logger dei dati open source**: il dato deve essere accessibile da qualsiasi utente, sia per la visualizzazione che per lo storage dello stesso
- **durabilità dello strumento**: la capacità di un componente di svolgere le funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato (vita utile o service life), sotto l'azione di diversi agenti e progettare il "fine vite utile", usi impropri ovvero dall'obsolescenza tecnologica, estetica e culturale – attraverso modalità che ne facilitino il disassemblaggio per la separazione delle componenti (Daniotti B., La durabilità in edilizia, Milano, 2005; Gottfried A.; Quaderni del Manuale di progettazione edilizia. La qualità edilizia nel tempo, Milano, 2003; Vezzoli C., Ceschin F., Cortesi S., Metodi e Strumenti per il Life Cycle Design, Rimini, 2009.)
- **Interoperabilità/integrabilità in EWS**: lo strumento di monitoraggio deve essere interoperabile con altra strumentazione e la possibilità di poter agganciare la strumentazione all'interno di un early warning system per l'allertamento della popolazione
- **analisi costi/benefici**: in fase di progettazione ed installazione dell'opera, i costi per la manutenzione, raccolta di questi ultimi devono essere chiari sin dall'inizio della messa in opera della stessa. Il costo di installazione, manutenzione e raccolta del dato deve essere consono con il miglioramento dell'attività di monitoraggio.
- **affidabilità del dato**: ovvero la capacità di rispettare le specifiche tecniche di funzionamento nel tempo, definendo un grado di qualità del dato proveniente dalla strumentazione
- **facilità di interpretazione del dato**: il dato deve essere di facile lettura e di immediata interpretazione per facilitare la visualizzazione anche ad un operatore non specializzato

Vengono, di seguito definite le seguenti macro-aree di interesse:

- **Fenomeni osservabili**: i fenomeni oggetto dell'attività, vengono inseriti nell'ambito dei fenomeni idrogeologici e idraulici. A seconda del tipo di fenomeno vi è la possibilità di installare uno strumento diverso idoneo allo scopo da perseguire; La tipologia dello strumento può variare a seconda del tipo di fenomeno e può essere correlata ad uno scenario di rischio, al fine di poter predisporre di una serie di strumenti di monitoraggio direttamente correlata a questo, in quanto ogni strumento possiede delle caratteristiche intrinseche che lo rendono specifico per una determinata analisi.
- **Scenario di evento**: con lo scopo di migliorare la definizione delle azioni da attivare in caso di evento, vengono definiti scenari di rischio al fine di associare una serie di strumenti ad un singolo scenario;
- **Tipo di variabile misurabile**: tipologia di parametri effettivamente misurabili dallo strumento al fine di indirizzare il monitoraggio in maniera efficace;
- **Scopo del monitoraggio**: Lo scopo del monitoraggio può essere considerato come il motivo dell'installazione/utilizzo dello strumento. Alcune tipologie di strumenti possono essere idonee per un utilizzo in fase di emergenza (monitoraggio di una frana attiva, monitoraggio livello idrometrico) altri possono avere un utilizzo sul medio-lungo periodo (monitoraggio satellitare), altri possono essere utilizzati in entrambi i casi (radar banda X/C/L). Lo scopo dell'installazione può essere anche distinto in installazione in emergenza, in quanto lo strumento può essere messo in opera per valutare l'evoluzione di un fenomeno in atto; installazione post-emergenza ovvero tutti quegli strumenti di monitoraggio che possono essere utilizzati per verificare l'effettività validità di un'opera di difesa;

installazione di strumentazione per il monitoraggio continuo di parametri utilizzabile per la valutazione dei fenomeni in caso di evento.

- **Caratteristiche fisiche del territorio**: lo strumento deve tenere conto delle caratteristiche geomorfologiche, idrauliche e geologiche del territorio. Ulteriore analisi deve essere approntata per le caratteristiche fisiche di un territorio, la composizione geologica e la dimensione dei bacini idraulici di competenza. A titolo di esempio, può essere preso in esame il caso di una precipitazione abbondante su un piccolo bacino. In questo caso l'ideale strumento di monitoraggio potrebbe essere una serie di sensori pluviometrici collegati a sistema di soglia che consentono maggiormente di poter identificare degli innalzamenti di rii e bacini secondari che possono essere presenti. Occorre tenere in considerazione che su piccoli bacini il monitoraggio basato solo su pluviometri non sempre è la soluzione ottimale, a causa dei ridottissimi tempi di corrivazione. Al contrario sui grandi bacini idrici, i sensori idrometrici risultano fondamentali per il monitoraggio delle piene. Ciò non toglie che i vari strumenti di monitoraggio strumentali possono essere integrati tra loro per meglio specificare anche alla scala di bacino o regionale i fenomeni e l'interoperabilità di questi all'interno di un sistema di early warning.
- **Caratteristiche tecniche dello strumento**: lo strumento deve essere idoneo non solo alle condizioni geomorfologiche, idrauliche e geologiche del territorio, nonché idoneo all'infrastruttura di trasmissione del dato disponibile nel territorio (rete GSMR, rete radio, etc.) e proprie della componentistica associata. Sulla base delle caratteristiche fisiche e tenuto conto anche dell'infrastruttura di comunicazione disponibile in loco, la scelta dello strumento deve necessariamente tenere conto delle caratteristiche tecniche dello strumento, come campo di misura, risoluzione, precisione, ripetibilità della misura, compatibilità dello strumento con altra strumentazione, calibrazione, (*Fanti, 2015*) durabilità, resistenza alle alte e basse temperature della componentistica.
- **Capacità di risposta di protezione civile**: la capacità di risposta di un territorio e di conseguenza della sua risposta in caso di evento calamitoso può variare sulla base delle competenze tecniche della struttura/ente, anche riguardante anche la grandezza della città (Città metropolitana, area vasta, ambito, comune); La capacità di risposta del sistema locale di protezione civile può variare sulla base delle competenze tecniche, dell'esperienza o di una più alta attenzione nei confronti degli eventi, anche sulla base delle lesson-learned degli eventi passati. La competenza di un ente o di una struttura può far variare il livello di osservazione e di monitoraggio attraverso l'utilizzo di strumentazione più complessa. Per essere considerato speditivo, uno strumento deve necessariamente rispettare alcuni parametri che possono essere definiti come quelli descritti nella definizione di monitoraggio speditivo. In questo modo, potrebbe essere favorita la disseminazione a livello locale di strumenti che consentono di poter supportare le decisioni in ambito di protezione civile.

3.2.1. AGGREGAZIONE DEGLI STRUMENTI DI MONITORAGGIO SPEDITIVO PER SCENARIO DI EVENTO

Questo paragrafo ha come scopo quello di dare una possibile aggregazione degli strumenti per il monitoraggio speditivo sulla base dello scenario di evento. Per un migliore coordinamento delle attività e un raccordo tra le azioni previste dal PROGRAMMA PER IL SUPPORTO AL RAFFORZAMENTO DELLA GOVERNANCE IN MATERIA DI RIDUZIONE DEL RISCHIO AI FINI DI PROTEZIONE CIVILE, per la tipizzazione degli scenari di evento, viene presa in considerazione l'attività A_3_2 in corso di realizzazione da parte di uno dei partner di progetto – CAMILAB. L'obiettivo 1 dell'attività prevede la tipizzazione degli scenari di evento. Il documento A32_LG1 realizzato nell'ambito delle attività connesse al miglioramento della pianificazione di emergenza comunale ed intercomunale, prevede la predisposizione di scenari di evento e di rischio. Diverse sono le cause che possono provocare inondazioni, e ognuno di questi eventi può verificarsi con "caratteristiche dell'evento" diverse che ne determinano l'intensità e gli effetti sugli elementi a rischio. Le grandezze di maggiore interesse sono l'altezza idrica, la velocità della corrente, la rapidità di risalita del livello, e anche la presenza di detriti ingombranti, la qualità dell'acqua, la durata dell'inondazione. Nel caso di frane i fenomeni sono ancora più differenziati, con effetti molto diversi a seconda del tipo di frana del materiale coinvolto. Sono importanti la velocità con cui si verifica il movimento, la dimensione del materiale coinvolto, l'energia con la quale può essere investito l'elemento a rischio. Si ricorda che per i fenomeni geologici, è possibile che questi si verifichino anche in assenza di forzante meteorologica.

Per monitorare i fenomeni in maniera efficace vi è la possibilità di poter aggregare tipologie di strumenti anche differenti tra loro. Come si evince dal documento A32_LG1, sono stati maggiormente caratterizzati gli scenari

relativi alle inondazioni, considerando il tempo di corrivazione dei bacini come discriminante per la distinzione dello scenario tipico di evento alluvionali. Per i fenomeni franosi invece, rispetto al precedente documento, le instabilità di versante sono state raggruppate ponendo come criterio l'estensione superficiale del fenomeno. Si riportano i nuovi scenari tipici di evento caratterizzati all'interno del documento A32_LG1:

Nuovi Scenari Tipici di Evento (STE 2.0) – A32_LG1	**Tipologia di rischio (art. 16, comma 1, D.Lgs 1/2018 e ss.mm.ii)**	**Tipologia di fenomeno**
Flash flood con tempo di corrivazione < 3h	Rischio da fenomeni meteorologici avversi Rischio idrogeologico	Fenomeno Idraulico Fenomeni idrologico
Alluvioni in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h	Rischio idraulico	
Alluvioni in medi/grandi bacini con tempo di corrivazione >12h		
Allagamento per inadeguato drenaggio	Rischio da fenomeni meteorologici avversi	
Frane diffuse	Rischio idrogeologico	Fenomeno geologico Fenomeno idrologico
Frane localizzate		
Frane che possono interferire con i corsi d'acqua		
Colate di fango e di detrito		
Sinkhole		

Ottenendo informazioni di massima sugli strumenti di monitoraggio speditivo, associando questi ultimi agli scenari di evento, è possibile fornire delle aggregazioni di strumenti per alcuni scenari di evento. Integrando le informazioni dei sensori è possibile avere una visione a d'insieme del fenomeno in atto, analizzando tutte le forzanti che possono innescare ed attivare fenomeni che possono essere quantomeno anticipati, attraverso l'uso corretto delle informazioni provenienti da strumenti di tipo speditivo. Viene fornita un'aggregazione possibile di strumenti di monitoraggio speditivo per tipologia di scenario di evento in atto, anche in ottica della creazione di piattaforme di Early Warning System per l'allertamento della popolazione o delle pubbliche amministrazioni (Comuni, unioni di Comuni, Ambiti Territoriali Ottimali).

Scenario tipico di evento (STE 2.0)	**Tipologia di fenomeno**	**Strumento monitoraggio forzante (in rosso strumento di tipo non speditivo o a carattere sperimentale)**	**Strumento monitoraggio del fenomeno (in rosso strumento di tipo non speditivo o a carattere sperimentale)**
Flash flood con tempo di corrivazione ≤3h	Fenomeno idraulico (?) Fenomeno idrologico	Radar Banda X/C Signal of opportunity Citizen scientist	Pluviometri Telecamere per il controllo del livello idrometrico Fotocamere e telecamere di sorveglianza Osservazione presidi territoriali idrogeologici
Alluvione in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h	Fenomeno idraulico Fenomeno idrologico	Pluviometri Radar Banda X/C IoT & Big Data Signal of opportunity	Idrometri radar o ad ultrasuoni Crowdsourcing Telecamere per il controllo del livello idrometrico Fotocamere e telecamere di sorveglianza Osservazione presidi territoriali idrogeologici
Alluvioni in medi/grandi bacini con tempo di corrivazione ≥ 12h	Fenomeno idraulico Fenomeno idrologico (?)	Pluviometri Radar Banda X/C IoT & Big Data Signal of opportunity	Idrometro radar o ad ultrasuoni Crowdsourcing Fotocamere e telecamere di Sorveglianza Osservazione presidi territoriali idraulici

Allagamento per inadeguato drenaggio	Fenomeno idrologico	Pluviometri Radar Banda X/C IoT & Big Data Signal of opportunity Citizen scientist	Crowdsourcing Osservazioni presidi territoriali idraulici

Scenario tipico di evento	**Tipi di Fenomeno**	**Strumento monitoraggio forzante (in rosso strumento di tipo non speditivo o a carattere sperimentale)**	**Strumento monitoraggio fenomeno (in rosso strumento di tipo non speditivo o a carattere sperimentale)**
Frane diffuse	Fenomeno geologico	Pluviometri(*) Radar Banda X/C(*)	Radar Banda L/InSAR Laser Scanning GPS/GNSS Droni & UAV Piezometri Inclinometri TDR Osservazione presidi territoriale idrogeologici
Frane localizzate	Fenomeno geologico Fenomeno idrologico (?)	Pluviometri(*) Radar Banda X/C(*)	Estensimetri Spie & Griglie Droni & UAV Tensiometri Crowdsourcing Osservazioni presidi territoriale idrogeologici
Frane che possono interessare corsi d'acqua	Fenomeno idraulico Fenomeno idrologico Fenomeno geologico	Pluviometri(*) Radar Banda X/C(*)	Osservazioni presidi territoriale idrogeologici/idraulici Droni & UAV Piezometri GPS/GNSS Radar banda L/InSAR
Colate di fango e di detrito	Fenomeno geologico Fenomeno idrologico	Pluviometri(*) Radar Banda X/C(*)	Ecometri radar e/o ultrasuoni Geofoni, sensori acustici e sismici Sensori di pressione/Celle di carico Tensiometri Sensori a strappo
Sinkhole	Fenomeno geologico Fenomeno idrologico	Pluviometri(*) Radar Banda X/C(*)	Satelliti Radar/InSAR Estensimetri, inclinometri, piezometri GPS/GNSS

(*) Alcuni fenomeni e movimenti gravitativi di versante possono verificarsi anche senza forzante meteorologica. Nel caso i fenomeni geologici sono associati a forzanti meteorologiche, non si prescinde dall' uso di pluviometri e radar da associare a sistemi di soglia.

3.2.2. AGGREGAZIONE DEGLI STRUMENTI DI MONITORAGGIO ATTRAVERSO L'INDIVIDUAZIONE DEI CRITERI SPEDITIVI INDIVIDUATI

Con lo scopo di poter fornire delle indicazioni operative sull'uso degli strumenti di monitoraggio di tipo speditivo, vengono fornite delle schede di aggregazione dei criteri individuati per l'attività A_5_1. Viene riportata una scheda identificativa dello strumento analizzato in modo da poter correlare la tipologia di strumento di monitoraggio speditivo e i criteri individuati che li caratterizzano:

CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
Fenomeno Osservabile	Tipo di fenomeno osservabile dallo strumento
Variabile Misurabile e stimabile	Tipo di variabile che può essere misurata dallo strumento
Scenario Di Evento	Scenario di evento per cui lo strumento può essere utilizzato
Interoperabilità'	Possibilità di interoperabilità dello strumento con altro tipo di strumentazione per lo studio di un fenomeno e/o caratterizzare le varie evoluzione che può avere uno scenario di evento
Integrazione In Early Warning System	Possibilità di inserire lo strumento all'interno di un EWS per l'allertamento della popolazione e/o delle pubbliche amministrazioni in caso di evento
Uso Piattaforma Di Visualizzazione Dati	Viene indicata la tipologia di piattaforma che può essere utilizzata dallo strumento
Interpretazione Dei Dati	Indica la facilità di interpretazione dei dati provenienti dalle misure effettuato dallo strumento
Affidabilità' Del Dato	Grado di affidabilità della misura effettuata dallo strumento
Costo Strumentazione	Qualora disponibile viene riportato un range di costo dello strumento
Costo Misura	Costo della misura, gestione della piattaforma o della manutenzione dello strumento
Tipo Di Monitoraggio Ed Informazioni Ricavabili	Uso che può essere fatto dell'informazione ricavabile dallo strumento
Scopo/Obiettivo Del Monitoraggio	finalità del monitoraggio
Caratteristiche Fisiche Del Territorio	Caratteristiche di massima del territorio in cui è possibile installare lo strumento, caratterizzazione di tipo geomorfologica, idraulico e geologica
Caratteristiche Tecniche Dello Strumento	Caratteristiche tecniche dello strumento, durabilità, facilità di utilizzo etc.
Capacità Di Risposta Del Sistema Di Protezione Civile /Competenza necessaria	Capacità di risposta del sistema di protezione civile in funzione del dato letto dallo strumento / Tipo di competenza necessaria per poter utilizzare lo strumento, risposta che può essere messa in opera dal sistema locale di protezione civile
Utente Finale	Utilizzatore finale dell'informazione proveniente dallo strumento
Casi D'uso/Case History	Esempi di utilizzo della strumentazione, casi d'uso della strumentazione

3.2.2.1. SCHEDE STRUMENTI DI MONITORAGGIO SPEDITIVO

PLUVIOMETRO	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	idrologico
VARIABILE MISURABILE	Misura dell'altezza di pioggia caduta
SCENARIO DI EVENTO	Flash flood con tempo di corrivazione ≤3h, Alluvione in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h, Alluvioni in medi/grandi bacini con tempo di corrivazione ≥12h, allagamento per inadeguato drenaggio, frane diffuse, frane localizzate, frane che possono interessare corsi d'acqua, colate di fango e di detrito, sinkhole
INTEROPERABILITÀ'	Può essere associato a diversi sensori/strumenti per diversi scenari di evento (innesco frane e/o fenomeni alluvionali)
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibilità di integrazione dei dati pluviometrici all'interno di early warning system. Sistemi di soglie associabili allo strumento ed integrabili in un EWS
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Software client, possibile piattaforma open per la visualizzazione dei dati
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Semplicità di interpretazione del dato grazie alla possibilità di associare all'altezza delle piogge di soglie di allarme
AFFIDABILITÀ' DEL DATO	Dipendente dalla qualità dello strumento, la misura è diretta dell'effettiva quantità di pioggia caduta all'interno del pluviometro. Dipendente dal posizionamento dello strumento e dalla direzione dei venti.
COSTO STRUMENTAZIONE	Strumenti low cost (da 50€)
COSTO MISURA	Basso, legato principalmente alla manutenzione dello strumento
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Monitoraggio continuo della misura della quantità di pioggia caduta. Utilizzo dei dati pluviometrici per il passaggio di fase operativa
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Centri urbani, piccoli bacini, medi bacini, grandi bacini
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	A seconda della qualità dello strumento, possibilità di avere dei collegamenti con datalogger e piattaforma per la visualizzazione dei dati e EWS, diverse combinazioni con altri strumenti per la misura dei parametri atmosferici (anemometri, barometri, etc.)
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	Elevata capacità di risposta dello strumento, attraverso l'utilizzo di semplici sistemi di soglia associati alle altezze di pioggia. A seconda del tipo di soglia superata, potrebbe essere associata la possibilità di passaggi di fasi operative dei piani di protezione civile di competenza. Possibilità di utilizzo dello strumento anche da parte di operatore non altamente specializzati opportunamente formati
UTENTE FINALE	Comuni, pubbliche amministrazioni (Centri funzionali decentrati o strutture regionali di protezione civile)
CASI D'USO/CASE HISTORY	NetAtmo, Acronet, Monitor II – CNR IRPI, Geohazard Monitoring group per la frana del Mt. La Saxe – CNR IRPI, Landslide Early Warning Integrated System, MeteoNetwork, LASMON

(*) Alcuni fenomeni e movimenti gravitativi di versante possono verificarsi anche senza forzante meteorologica. Nel caso i fenomeni geologici sono associati a forzanti meteorologiche, non si prescinde dall' uso di pluviometri e radar da associare a sistemi di soglia.

RADAR METEOROLOGICO	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	idrologici
VARIABILE MISURABILE	Stima delle quantità di pioggia e dei parametri atmosferici
SCENARIO DI EVENTO	Flash flood con tempo di corrivazione ≤3h, Alluvione in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h, Alluvioni in medi/grandi bacini con tempo di corrivazione ≥12h, allagamento per inadeguato drenaggio, frane diffuse, frane localizzate, frane che possono interessare corsi d'acqua, colate di fango e di detrito, sinkhole
INTEROPERABILITA'	Possibilità di interoperabilità con diversi sensori quali pluviometri, idrometri e disdrometri per la stima e l'integrazione dei dati per un miglioramento delle attività di monitoraggio.
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibilità di automatizzare i processi di messaggistica di allarme e/o segnalazione eventi, dovuta all'acquisizione di immagini di tipo radar, attraverso la stima di parametri associati a cumulate di pioggia o istantanee della situazione in atto.
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Esistenza di piattaforma radar pubblicata dal dipartimento nazionale di protezione civile per la visualizzazione dei parametri meteorologici acquisiti dai radar a livello nazionale
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Necessità di conoscenze di base sul funzionamento dei radar ma l'intensità dei fenomeni è spesso associata a colori riconducibili a warning di tipo "semaforico" (verde, giallo, arancione, rosso, viola)
AFFIDABILITÀ' DEL DATO	Più precisa è la conoscenza dello stato iniziale dell'atmosfera, più affidabile diviene il risultato finale. L'affidabilità può dipendere dalla distanza dalla sorgente del segnale. Più un fenomeno avviene lontano dallo strumento, meno affidabile può essere il dato per via dell'attenuazione.
COSTO STRUMENTAZIONE	Alti costi di installazione da parte delle strutture operative che intendono adoperarlo, costi di manutenzioni alti
COSTO MISURA	la misura ha un costo abbastanza elevato ma è in grado di fornire dati a basso costo per le strutture e le amministrazioni comunali.
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento, presidio territoriale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	la rilevazione delle idrometeore (pioggia, neve, grandine o pioggia ghiacciata) permettendo di calcolarne il moto, valutarne il tipo, l'intensità e predirne posizione futura e relativa intensità, specie nelle previsioni meteorologiche a brevissima scadenza (nowcasting).
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Utilizzo in qualsiasi contesto a parte che non ci siano occlusioni di tipo orografico ed ambientale
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	trasmettitore, un ricevitore, un'antenna ed un registratore. Il trasmettitore genera una serie di impulsi di durata t, aventi una certa frequenza e larghezza di banda, diversi tipi di banda danno risoluzione di immagini diverse (C,X,L, etc)
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	L'interpretazione dei parametri meteorologici acquisiti dal radar, associati a strumenti e sensori presenti sul territorio danno la possibilità a un decisore di poter quanto meno intensificare il monitoraggio in corso di evento in punti critici coinvolti da fenomeni meteorologici in atto. D'altro canto, necessita di una formazione e di una competenza in materia di interpretazione dei dati radar
UTENTE FINALE	Centro Funzionale Decentrato, Comuni, Pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	Prodotti CF Liguria, Prodotti CF Piemonte, Prodotti CF Emilia Romagna, LiveStorm, OMIRL

(*) Alcuni fenomeni e movimenti gravitativi di versante possono verificarsi anche senza forzante meteorologica. Nel caso i fenomeni geologici sono associati a forzanti meteorologiche, non si prescinde dall' uso di pluviometri e radar da associare a sistemi di soglia.

IOT, BIG DATA E SIGNAL OF OPPORTUNITY	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	idrologici
VARIABILE MISURABILE	strumentazione sperimentale per il monitoraggio degli eventi meteorologici attraverso il processing di grandi quantità di dati provenienti da strumentazione installata per altri scopi (attenuazione segnale satellitare, mobile, etc.)
SCENARIO DI EVENTO	Flash flood con tempo di corrivazione ≤3h, Alluvione in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h, Alluvioni in medi/grandi bacini con tempo di corrivazione ≥12h, allagamento per inadeguato dreanaggio
INTEROPERABILITÀ'	Necessaria interoperabilità di altri strumenti, questa strumentazione può integrare le informazioni provenienti da altro tipo di sensoristica, per la validazione dei dati acquisiti da questo tipo di strumenti
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibilità di integrare questo tipo di strumentazione all'interno di un early warning system, dove possono essere visualizzate mappe di pioggia prodotte da questo tipo di strumentazione
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Software client, possibilità di utilizzo di piattaforme open per la visualizzazione dei prodotti acquisiti
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Per l'interpretazione dei dati, esistono piattaforme che mostrano il dato già processato all'interno di un sistema di monitoraggio di questo tipo di strumentazione.
AFFIDABILITÀ' DEL DATO	I dati provenienti da questo tipo di strumenti di monitoraggio necessitano di misure di validazione dei dati attraverso l'uso di strumenti fiduciari (pluviometri, idrometri) che consentono una stima diretta del fenomeno in atto.
COSTO STRUMENTAZIONE	Costi di progettazione e di messa in opera della piattaforma elevati
COSTO MISURA	Elevati costi di processamento del dato e gestione della piattaforma ma possibilità di visualizzare i dati in maniera gratuita attraverso applicazioni che consentono la visualizzazione dei dati ai cittadini
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento, presidio territoriale in corso di evento. Si ritiene che i dati possano essere utilizzati come supporto o integrazione di dati meteo-idro-pluviometrici prodotti dalla rete sensoristica fiduciaria.
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	stima dell'intensità di pioggia attraverso l'uso delle telecamere di sorveglianza, fotocamere installate all'interno degli smartphone di ultima generazione, l'attenuazione dei segnali satellitari e anche grazie alle nuove installazioni tecnologiche sulle autovetture (tergicristalli smart)
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Possibilità di utilizzo di questo tipo di tecnologie nell'ambito dei centri urbani
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	il processamento di dati provenienti dall'attenuazione di segnali di tipo satellitare attraverso l'uso di antenne di tipo smartLNB dove con il processamento dei valori dell'attenuazione del segnale satellitare, è possibile realizzare una mappa, tanto più accurata quanto più alto è il numero dei terminali, dei livelli di attenuazione del segnale.
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	Ovviamente il processising di questo tipo di dato determina un elevato livello di competenza nella gestione di questo tipo di dato ma attraverso l'uso di piattaforme per la visualizzazione di informazione di tipo warning, consente l'utilizzo del dato anche ad utenti non altamente specializzati.
UTENTE FINALE	Enti di ricerca, comuni, pubbliche amministrazioni,
CASI D'USO/CASE HISTORY	SMART RAINFALL SYSTEM - ARTYS, NEFOCAST, WATERVIEW, LASMON

CROWDSOURCING & CITIZEN SCIENTIST	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	Idrologici, idraulici, geologici
VARIABILE MISURABILE	Informazioni provenienti dal territorio e dai cittadini geograficamente basate su eventi in corso
SCENARIO DI EVENTO	Flash flood con tempo di corrivazione ≤3h, Alluvione in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h, Alluvioni in medi/grandi bacini con tempo di corrivazione ≥12h, allagamento per inadeguato drenaggio, frane localizzate
INTEROPERABILITÀ'	Possibilità di interoperabilità con sensoristica al suolo (pluviometri, idrometri, etc.) per la validazione dei dati acquisiti.
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibilità di poter fornire dei warning sulla base di informazioni che provengono dai cittadini in modo da poter fornire indicazioni sui fenomeni in atto su un territorio
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Piattaforme open per la visualizzazione dei dati provenienti dalle centraline di proprietà di enti e/o cittadini privati.
INTERPRETAZIONE DEI DATI	L'interpretazione dei dati presume la conoscenza di base dei parametri meteorologici e di lettura dei dati
AFFIDABILITÀ' DEL DATO	L'affidabilità del dato varia dalla qualità della centralina meteorologica installata presso l'ente o di proprietà di un privato cittadino. Questo significa che i dati provenienti possono andare ad infittire quella che è la rete di strumentazione dislocata su un territorio
COSTO STRUMENTAZIONE	Possibilità di utilizzo di strumentazione low cost a seconda della qualità della strumentazione a disposizione
COSTO MISURA	Basso costo per la misura e per la manutenzione, a carico del proprietario della strumentazione che mette a disposizione il dato
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento, presidio territoriale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	fornire osservazioni e informazioni accessibili e rapidamente disponibili su situazioni critiche o potenzialmente critiche
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	le informazioni geografiche possono essere rilevabili possono essere disponibili in qualsiasi tipo di contesto
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	legata all'accesso per l'infrastruttura tecnica di comunicazione
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	capacità di risposta elevata, informazione disponibile per tutti gli utenti
UTENTE FINALE	Comuni, pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	MeteoNetwork

FOTOCAMERE AD ALTA RISOLUZIONE	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	Idrologici, idraulici
VARIABILE MISURABILE E/O OSSERVABILE	Valutazione dell'intensità della precipitazione atmosferica e/o dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua.
SCENARIO DI EVENTO	Flash flood con tempo di corrivazione ≤3h, Alluvione in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h, Allagamento per inadeguato drenaggio
INTEROPERABILITÀ'	Possibilità di utilizzo di questa strumentazione associata alla sensoristica al suolo già presente
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibilità di invio di dati attraverso l'utilizzo di fotocamere e telecamere ad alta risoluzione, generando dei warning da parte dei cittadini per l'utilizzo di informazioni provenienti dal territorio ed intensificare il monitoraggio
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	In fase di sviluppo, produrrà una mappa di intensità di pioggia grazie all'acquisizione di immagini provenienti da video-fotocamere da installare o già installate sul territorio
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Il dato proveniente da questo tipo di strumentazione può essere di facile interpretazione, in quanto l'elaborazione dei dati inviati da utenti, produrrà all'interno di una piattaforma mappe di intensità di pioggia utilizzabili come supporto ai dati già presenti
AFFIDABILITÀ' DEL DATO	I dati risultano da validare con i dati già registrati dalla sensoristica al suolo
COSTO STRUMENTAZIONE	Costo di gestione della piattaforma elevato
COSTO MISURA	Costo della misura low cost, in quanto i dati vengono inviati appositamente da utenti o da telecamere installate. Il costo rilevante può essere quello del processamento del dato
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso d'evento, presidio territoriale in corso d'evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Attraverso l'uso di alcuni parametri delle fotocamere di dispositivi smartphone, telecamere di sicurezza e ad alta risoluzione è possibile stimare attraverso l'uso di server cloud, l'intensità di pioggia in area densamente abitate o comunque coperta da segnali di telecomunicazione. L'utilizzo dei server cloud dà la possibilità di processare enormi quantità di dati per restituire valori di intensità di precipitazione.
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	possibilità di utilizzo degli strumenti in contesti urbani, densamente abitati o comunque coperti da segnale mobile-telefonico
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	dipendente dalla qualità delle immagini processate, risoluzione della fotocamera, lunghezza del campo focale, apertura e tempo di esposizione, che consente di determinare la velocità e l'intensità di un fenomeno meteorologico in atto. La conoscenza di questi parametri permette di determinare un volume entro cui sarà possibile calcolare la posizione, la dimensione e la velocità delle gocce visibili ottenendo così di conseguenza una stima dell'intensità di pioggia al suolo.
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	capacità di risposta elevata, informazione disponibile per tutti gli utenti
UTENTE FINALE	Comuni, pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	WaterView

IDROMETRO RADAR O ULTRASUONI	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	idraulici
VARIABILE MISURABILE	Altezza livello idrometrico
SCENARIO DI EVENTO	Flash flood con tempo di corrivazione ≤3h, Alluvione in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h, Alluvioni in medi/grandi bacini con tempo di corrivazione ≥12h, allagamento per inadeguato dreanaggio
INTEROPERABILITA'	Possibile interoperabilità con pluviometri e telecamere di sorveglianza per il controllo dei livelli di altezza di un corso d'acqua associato ad una precipitazione intensa
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibile integrazione in un EWS per la gestione degli eventi di piena. Possibilità di associare lo strumento a sistemi di soglia preimpostati per l'avviso automatico, invio di messaggistica al momento del superamento di soglia
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Software client nella maggior parte dei casi.
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Dati semplici ed intellegibili, possibilità di definire soglie preimpostate e scelte dall'utente
AFFIDABILITA' DEL DATO	Dato affidabile per i bacini medi e i bacini grandi.
COSTO STRUMENTAZIONE	Strumento low cost (da 2000€)
COSTO MISURA	Costo della misura basso
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso d'evento, presidio territoriale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Possibilità di conoscere i livelli idrometrici di un corso d'acqua al fine di poter gestire eventuali eventi di piena in un determinato bacino idrografico. Impostando un sistema di soglie definito da un utente, c'è la possibilità di poter individuare a che tipo di superamento siamo ed operare eventualmente cambi e passaggi di fase operativa.
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Strumenti utilizzabili in bacini medio, grandi. I bacini piccoli hanno un tempo di risposta, molto rapido e per questo motivo potrebbe non essere idoneo a registrare piene rapide.
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	aste idrometriche, che consistono nell'installazione di un'asta di lunghezza nota che consente una lettura immediata dell'altezza del livello idrometrico; idrometro ad ultrasuoni che consiste in un apparecchio che emette un fascio di ultrasuoni che viene poi ricevuto dallo strumento stesso una volta raggiunto il corso d'acqua che valuta il tempo di ritorno per stimare il livello idrometro; l'idrometro radar, consiste nello stesso funzionamento dell'idrometro ad ultrasuoni ma risente meno del "rumore" provenienti dalle forti precipitazioni
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	Elevata capacità di risposta dello strumento, attraverso l'utilizzo di semplici sistemi di soglia associati alle altezze di pioggia. A seconda del tipo di soglia superata, potrebbe essere associata la possibilità di passaggi di fasi operative dei piani di protezione civile di competenza. Possibilità di utilizzo dello strumento anche da parte di operatore non altamente specializzati opportunamente formati
UTENTE FINALE	Comuni, Pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	Acronet, Integrazioni delle misure idrometriche in alveo per il monitoraggio delle portate idrometriche e della resistenza idraulica di un corso d'acqua

TELECAMERE AD ALTA RISOLUZIONE	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	Idrologici, idrualici
VARIABILE MISURABILE	Altezza livello idrometrico, velocità deflusso idrico, portata
SCENARIO DI EVENTO	Flash flood con tempo di corrivazione ≤3h, Alluvione in piccoli bacini con tempo di corrivazione <12h, Alluvioni in medi/grandi bacini con tempo di corrivazione ≥12h, allagamento per inadeguato dreanaggio,
INTEROPERABILITA'	Interoperabile con sistemi di tipo pluviometrico per la validazione e valutazione di dati di pioggia
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibile integrazione in un EWS grazie alla possibilità di alcuni sistemi di associare delle soglie definite dall'utente
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Software client, possibilità di visualizzare i dati da parte dell'utente
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Dato leggibile e rapido, per alcune piattaforme viene mostrato il livello in tempo reale del corso d'acqua
AFFIDABILITA' DEL DATO	Dato affidabile
COSTO STRUMENTAZIONE	alto (più di 5000€)
COSTO MISURA	Il costo è relativo alla gestione della piattaforma
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento, presidio territoriale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Monitorare in continuo un corso d'acqua attraverso la visione di immagini registrate da telecamere ad alta risoluzione con lo scopo di avere delle informazioni circa il livello del tirante idraulico, la velocità del flusso e della portata idrica
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Potrebbe essere usato sia su centri urbani attraversati da torrenti o rii, che su corsi d'acqua più estesi.
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	Telecamere ad alta risoluzione collegati a sistemi di gestione dei dati che attraverso l'elaborazione di algoritmi, possono monitorare il livello del corso d'acqua in tempo reale andando ad attivare le procedure previste dai piani di protezione civile. Il funzionamento può essere riconducibile ad un idrometro
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	Elevata capacità di risposta dello strumento, attraverso l'utilizzo di semplici sistemi di soglia associati alle altezze di pioggia. A seconda del tipo di soglia superata, potrebbe essere associata la possibilità di passaggi di fasi operative dei piani di protezione civile di competenza. Possibilità di utilizzo dello strumento anche da parte di operatore non altamente specializzati opportunamente formati
UTENTE FINALE	Comuni, Pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	CAMFLOW, CAM LEVEL - TENEVIA

GPS/GNSS	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	geologici
VARIABILE MISURABILE	controllo degli spostamenti di un corpo di frana
SCENARIO DI EVENTO	frane diffuse, frane localizzate, frane che possono interessare corsi d'acqua, colate di fango e di detrito, sinkhole
INTEROPERABILITA'	Possibile interoperabilità con strumenti di tipo pluviometrico e telecamere di sorveglianza
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibile integrazione in un EWS, associando alle velocità di movimento, eventuali soglie di allarme o automatizzatori di processo (remotizzatori per chiusure semaforiche di strade ed arterie stradali)
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Software client
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Conoscenza delle informazioni relative al posizionamento globale e alla dinamica dei versanti
AFFIDABILITA' DEL DATO	Dato affidabile, il più delle volte, alcuni strumenti sono in grado di offrire dati con precisione nell'ordine dei mm
COSTO STRUMENTAZIONE	I GPS/GNSS possono rientrare nella categoria degli strumenti low-cost (da 1000€ a centralina)
COSTO MISURA	Costo della misura che dipende dalla gestione della piattaforma e dall'elaborazione dei dati
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento, presidio territoriale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Per lo studio dell'evolversi di un corpo di frana bisogna realizzare un piano di monitoraggio per il controllo degli spostamenti e dell'evoluzione morfodinamica dei movimenti di massa individuati nei siti investigati attraverso l'installazione di punti di controllo, che possono essere stabili o mobili per valutare gli eventuali spostamenti delle masse rispetto a dei punti stabili (marker e capisaldi). Risulta non utilizzabile in aree chiuse o limitate con copertura boschiva e in presenza di interferenze elettromagnetiche
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Movimenti gravitativi su versanti aperti e/o canalizzati. Tipi di investigazione su tutti i fenomeni franosi, con cinematica medio lenta
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	I satelliti emettono incessantemente dei segnali elettromagnetici che possono essere captati e memorizzati da speciali ricevitori a terra e che permettono, mediante sofisticate elaborazioni, di determinare con elevata precisione la posizione occupata dai ricevitori. Il GPS ha una grande diffusione grazie ai vantaggi che è in grado di offrire: precisione superiore ai 3mm ± 0.5, purché siano usate certe procedure; omogeneità del sistema di riferimento: per ogni punto si hanno sempre le coordinate cartesiane (x, y, z) e le coordinate geografiche ellissoidiche WGS 84; riduzione dei tempi da dedicare alle varie misure che si traducono in concreti benefici economici (Ponte,2010).
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	capacità di risposta elevata ma il sistema per il monitoraggio presume la conoscenza e la competenza per la comprensione dei fenomeni di movimenti gravitativi di versante
UTENTE FINALE	Comuni, pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	MEMENTO, Monitoraggio di versante tramite ricevitori GNSS low-cost – ARPA VdA, Monitoraggio versanti con centraline GNSS-Sendas: OGS e il caso della frana di Tolmezzo – OGS, Strumenti e metodi innovativi per il monitoraggio dei fenomeni franosi – CNR IRPI, LASMON

RADAR/SAR, LASER SCANNING	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	geologici
VARIABILE MISURABILE	Misura della variazione nel tempo della posizione di punti in superficie, Movimenti di versante, velocità del movimento, direzione e spostamento
SCENARIO DI EVENTO	frane diffuse, frane localizzate, frane che possono interessare corsi d'acqua, colate di fango e di detrito, sinkhole
INTEROPERABILITA'	Possibile interoperabilità con pluviometri, telecamere di sorveglianza e sensori di tipo sismico (vibrazioni)
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Integrabile in un EWS associandolo in un sistema che consente il monitoraggio degli eventi franosi
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Software client
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Necessita competenza nella lettura e nell'interpretazione dei dati provenienti dalle letture e dalle strisciate fotogrammetriche, dalle interpretazioni dei dati acquisiti dai radar
AFFIDABILITA' DEL DATO	Dato affidabile nell'ordine di mm per lo spostamento di masse di grandi dimensioni
COSTO STRUMENTAZIONE	Alto (da 10000€)
COSTO MISURA	Alto, relativamente a costo di gestione del dato e della piattaforma e della misura
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento, presidio territoriale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Scopo e campo di applicazione del progetto, oltre che l'acquisizione e la modellazione della superficie rilevata, è il confronto multitemporale di DTM al fine di determinare correttamente i movimenti del dissesto in atto.
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Movimenti gravitativi su versanti aperti e/o canalizzati. Tipi di investigazione su tutti i fenomeni franosi, con cinematica medio lenta
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	Per la comprensione ed il monitoraggio di fenomeni franosi di grandi dimensioni e di difficile perimetrabilità si stanno sperimentando analisi multitemporali con tecnica laser scanning da piattaforma aerea. Il sistema permette l'acquisizione di una doppia eco misurando il tempo di arrivo della prima e dell'ultima riflessione dell'impulso laser infrarosso. Dalle analisi del "ground" del primo rilievo si sono rilevati particolari geomorfologici assolutamente non osservabili sia dalla carta tecnica regionale che dalle analisi di fotografie aeree.
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	capacità di risposta elevata ma il sistema per il monitoraggio presume la conoscenza e la competenza per la comprensione dei fenomeni di movimenti gravitativi di versante
UTENTE FINALE	Enti di ricerca, comuni, pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	GeoHazard Monitoring Group per la frana del Mt. De la Saxe – CNR IRPI, Studio della frana di Montaguto (AV) – CNR IRPI, LASMON

ESTENSIMETRI, DISTANZIOMETRI, INCLINOMETRI, TDR, PIEZOMETRI, SPIE E GRIGLIE	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	geologici
VARIABILE MISURABILE	Distanza tra due blocchi di ammassi rocciosi, velocità di deformazione, contenuto d'acqua
SCENARIO DI EVENTO	frane diffuse, frane localizzate, colate di fango e di detrito, sinkhole
INTEROPERABILITA'	Interoperabile con pluviometri e telecamere di sorveglianza
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibile integrazione in un EWS
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Molti degli strumenti non necessitano di piattaforme specifiche per la visualizzazione del dato, che il più delle volte risulta visivo e legato alla misura sullo strumento che ne può dimostrare i limiti nell'utilizzo
INTERPRETAZIONE DEI DATI	In alcuni casi molto semplice, come per le spie e gli estensimetri e i distometri, complessa per inclinometri e/o tdr
AFFIDABILITA' DEL DATO	Dato affidabile nell'ordine di mm
COSTO STRUMENTAZIONE	Da low cost a medio (da 50€)
COSTO MISURA	Basso, legato alla visione dello strumento e alla lettura del dato
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento, presidio territoriale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Misura della distanza tra due blocchi di un ammasso roccioso o di una porzione di versante in frana, consente il monitoraggio on site di fenomeni di tipo medio-lento, con evoluzione anche molto rapida
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Possibilità di utilizzo su versanti che consento l'ancoraggio nella parte non in frana. Tipico utilizzo in frane con cinematica medio-lenta (ribaltamenti, scorrimenti)
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	Dipendenti dalla qualità e dalla scelta di sistemi idonei all'utilizzo dell'utente finale.
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	Elevata capacità di risposta ma necessità in alcuni casi di competenze specifiche sull'utilizzo degli strumenti e della conoscenza dei movimenti gravitativi di versante
UTENTE FINALE	Comuni, pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	Landslide Early Warning Integrated System, LASMON

DRONI A PILOTAGGIO REMOTO & UNMANNED AERIAL VEHICLE	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**
FENOMENO OSSERVABILE	geologici
VARIABILE MISURABILE	Monitoraggio on-site, innesco del fenomeno e/o evidenze strutturali
SCENARIO DI EVENTO	frane diffuse, frane localizzate, frane che possono interessare corsi d'acqua
INTEROPERABILITA'	Il monitoraggio delle frane a partire da fotogrammetria UAV e il suo confronto con i dati ottenuti con RADAR a terra, permetterà di poter fornire ai decisori dati che possono essere utilizzati anche in real-time.
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	No, strumento di supporto alle decisioni
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Piattaforme di gestione dei dati e delle immagini prodotte dalle eventuali fotocamere presenti per lo strumento
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Interpretazione visiva dell'evento in corso, possibilità di utilizzare le informazioni per i presidi
AFFIDABILITÀ' DEL DATO	Dato affidabile a seconda del tipo di analisi che viene effettuata e da quale strumento viene montato sul drone
COSTO STRUMENTAZIONE	Da low cost (da 100€) fino a costi elevati (anche superiore a 10000€)
COSTO MISURA	Basso, relativamente al possesso del brevetto di pilotaggio del drone
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Presidio in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	L'evoluzione temporale degli spostamenti in atto sulle superfici fisiche osservate e quindi monitorare fenomeni a rapida evoluzione e ridotta o media copertura spaziale. Le risoluzioni ottenibili dipendono dalla quota di volo (in questo caso, prossimità all'obiettivo) e dalla qualità della camera utilizzata.
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	La possibilità di montare diversi sensori di alta risoluzione (camere digitali, termocamere, telecamere, GPS, ecc.) lo rendono versatile e adattabile ad ogni esigenza particolare.
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	La fotogrammetria digitale aerea è una tecnica estremamente efficace per il rilievo ed il controllo del territorio, in quanto consente, in tempi brevi, di generare modelli digitali del terreno mediante procedure automatiche.
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	L'evidenza e l'occorrenza di alcuni fenomeni possono fare arrivare un'informazione tale da supportare una decisione nell'ambito di attività di protezione civile. In alcune realtà, il drone viene utilizzato da personale autorizzato al volo con la possibilità di invio di immagini in tempo reale presso la sala operativa, in modo da definire strategie ed azioni di protezione civile, come chiusure di strade ed arterie principali
UTENTE FINALE	Comuni, pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	Monitoraggio di versanti attraverso tecniche di telerilevamento fotogrammetrico e termografico multipiattaforma – SAPIENZA, Uso dei droni per il rilevamento delle frane da crollo – città Metropolitana di Torino

GEOFONI, SENSORI A STRAPPO, SENSORI ACUSTICI, SENSORI DI PRESSIONE

CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	DESCRIZIONE
FENOMENO OSSERVABILE	geologici
VARIABILE MISURABILE	Vibrazioni dovute all'innesco di colate rapide o debris flow
SCENARIO DI EVENTO	frane localizzate, colate di fango e di detrito
INTEROPERABILITA'	Interoperabili con pluviometri, radar di tipo SAR, piezometri, misuratori di carico e di pressione.
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibile integrazione in EWS, attraverso l'uso di segnali che provengono dai geofoni e dai sensori di tipo acustico
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Software client
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Complessa e legata alla conoscenza degli strumenti utilizzati
AFFIDABILITA' DEL DATO	Dato affidabile, limitazioni ed inconvenienti: misurata approssimata della sola profondità massima; necessità di ripristino dopo un evento.
COSTO STRUMENTAZIONE	Low cost
COSTO MISURA	Elevato e legato alla gestione dei dati e dalla piattaforma
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Le vibrazioni indotte nel terreno dal passaggio delle colate possono essere misurate utilizzando sensori sismici. Sensori sismici - aspetti positivi: sensore non a contatto con la colata; installazione lungo le sponde del torrente (più semplice e sicura rispetto, ad esempio, ai sensori ad ultrasuoni). I cavi a strappo consentono di rilevare il passaggio di una colata detritica e di misurarne la massima profondità di flusso. La registrazione del momento in cui avviene lo strappo consente anche di identificare il momento in cui avviene l'evento.
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Utilizzabile in bacini piccoli o in tutti quei bacini in cui è nota una condizione all'innesco di fenomeni di colata rapida di fango o detrito o in cui si verificano fenomeni caratterizzati da breve durata e solitamente intervallati da lunghi periodi di inattività
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	Il segnale in uscita da questi sensori è costituito da una tensione; nota una costante strumentale, è possibile determinare la velocità di vibrazione del terreno
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	Legata alla competenza e conoscenza dei fenomeni di colata, danno un'elevata risposta ma sono il più delle volte associati ad aree di ricerca
UTENTE FINALE	Enti di ricerca, comuni, pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	ALMOND – F – CNR IRPI, L'utilizzo dei sensori di vibrazione per il monitoraggio delle frane e la salvaguardia del territorio. L'esempio del M.te Cervino – CNR IRPI

ECOMETERI E SENSORI AD ULTRASUONI	
CARATTERISTICHE DEL MONITORAGGIO	**DESCRIZIONE**

FENOMENO OSSERVABILE	geologici
VARIABILE MISURABILE	Misura della profondità di flusso e generazione di idrogrammi di flusso generati da colate detritiche.
SCENARIO DI EVENTO	frane localizzate, colate di fango e di detrito
INTEROPERABILITÀ'	Interoperabili con pluviometri, radar di tipo SAR, piezometri, misuratori di carico e di pressione, geofoni, sensori acustici
INTEGRAZIONE IN EARLY WARNING SYSTEM	Possibile integrazione in EWS, attraverso l'uso di segnali che provengono dai geofoni e dai sensori di tipo acustico
USO PIATTAFORMA DI VISUALIZZAZIONE DATI	Software client
INTERPRETAZIONE DEI DATI	Complessa legata alla conoscenza dei fenomeni. La velocità media di una colata detritica può essere determinata dividendo la distanza fra due sensori in grado di rilevare il passaggio della colata per il tempo intercorso fra il manifestarsi della colata nelle due sezioni.
AFFIDABILITÀ' DEL DATO	Dato affidabile
COSTO STRUMENTAZIONE	Low cost
COSTO MISURA	Elevato e legato alla gestione dei dati e dalla piattaforma
TIPO DI MONITORAGGIO ED INFORMAZIONI RICAVABILI	Strumentale in corso di evento
SCOPO/OBIETTIVO DEL MONITORAGGIO	Difficoltà nell'uso di campionatori e, in genere, di sensori a contatto con la miscela fluente. Preferenza per sensori non a contatto o a dispositivi (campionatori, celle di carico, ecc.) appositamente progettati.
CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO	Utilizzabile in bacini piccoli o in tutti quei bacini in cui è nota una condizione all'innesco di fenomeni di colata rapida di fango o detrito o in cui si verificano fenomeni caratterizzati da breve durata e solitamente intervallati da lunghi periodi di inattività
CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	Utilizzo di sensori ad ultrasuoni (ecometri), radar, laser. Devono essere impostati tempi di campionamento molto più brevi (indicativamente 1 ÷ 2 secondi) di quelli normalmente utilizzati per la misura dei livelli idrometrici di corsi d'acqua non interessati da colate detritiche
CAPACITA' DI RISPOSTA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE/COMPETENZE NECESSARIA	Legata alla competenza e conoscenza dei fenomeni di colata, danno un'elevata risposta ma sono il più delle volte associati ad aree di ricerca
UTENTE FINALE	Enti di ricerca, comuni, pubbliche amministrazioni
CASI D'USO/CASE HISTORY	ALMOND - F

4. CASE HISTORY: IL MONITORAGGIO DELLA FRANA DI MADONNA DEL MONTE – VIADOTTO AUTOSTRADALE DELL' A6 SAVONA – TORINO (estratto dalla relazione di sopralluogo)

Su richiesta del Dipartimento di Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri, il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze (CPC-UNIFI) e il Centro Internazionale in Monitoraggio

Ambientale (Fondazione CIMA) hanno congiuntamente eseguito in data 25 novembre 2019 sopralluoghi e rilievi preliminari sulla frana che ha provocato il crollo della campata del viadotto Madonna del Monte all'altezza del km 122 dell'autostrada A6 Torino-Savona in data 24 novembre 2019. La frana si è originata in un piccolo bacino afferente alla valle del Rio Valletta del Monte, il quale in questa zona scorre per lunghi tratti al di sotto delle carreggiate sopraelevate dell'autostrada A6 Torino-Savona; quest'ultima costituisce la principale via di comunicazione che garantisce i collegamenti fra il Piemonte occidentale e la riviera ligure.

Le attività svolte congiuntamente dai centri di competenza sono state condotte con lo scopo di:

- individuare le cause del dissesto;
- verificare lo stato di attività della frana, anche tramite l'installazione di appropriati sistemi di monitoraggio;
- valutare le condizioni di rischio residuo;
- identificare e proporre delle procedure operative volte alla gestione della viabilità in fase di emergenza sulla carreggiata direttrice Savona.

La frana si è originata sotto forma di scivolamento roto-traslativo di terra e regolite, con coinvolgimento marginale o nullo del substrato roccioso a prevalente litologia milonitica; la zona di coronamento è costituita da una scarpata sub-verticale alta circa 5-6 m

Per quanto concerne i fattori meteorologici, si riporta come in antecedenza la data del 24 novembre 2019 siano stati osservati degli elevati cumulati precipitativi a partire da una settimana prima circa (18 novembre 2019).I rilevamenti pluviometrici più vicini al versante interessato dal movimento franoso hanno riportato valori complessivi di poco inferiori ai 500 mm, risultando inferiori solamente a quelli osservati nell'immediato entroterra varazzino (Alberola, Urbe, Sassello, circa 20 km più ad Est), dove le misurazioni hanno superato i 700 mm nell'intero periodo.

Nelle immediatezze dell'evento, al fine di valutare in maniera appropriata il grado di rischio residuo, lo stato di attività del fenomeno gravitativo e la sua possibile evoluzione nel breve-medio termine, sono state effettuate le seguenti campagne di indagine:

- rilievo fotogrammetrico di dettaglio da drone (realizzato da CIMA); sono stati effettuati con l'obiettivo di acquisire informazioni remote utili a descrivere correttamente e integralmente lo stato dei luoghi nell'immediato post-evento, indipendentemente dall'accessibilità delle aree. La ripetizione di tali acquisizioni ha consentito di costruire un quadro conoscitivo dinamico del fenomeno e di monitorarne la sua evoluzione spazio-temporale;
- rilievo lidar di dettaglio da elicottero (realizzato da CNR-IRPI); al fine di creare una topografia di dettaglio aggiornata dell'area oggetto di indagine.
- monitoraggio delle precipitazioni pluviometriche (realizzato da CIMA); Il monitoraggio pluviometrico si basa sui dati provenienti da due stazioni pluviometriche installate in località "Madonna del Monte" nelle immediate vicinanze del coronamento della frana. Tali stazioni registrano i dati con una frequenza di 1 minuto e li inviano all'accentratore dei dati ogni 5 minuti utilizzando la rete dati mobile con tecnologia General Packet Radio Service (GPRS); le due stazioni si affidano a due operatori nazionali differenti in modo da garantire una continuità nel flusso dei dati nel caso in cui il traffico dati di un operatore presentasse un'anomalia di trasmissione
- monitoraggio degli spostamenti del corpo di frana mediante interferometria radar da terra (realizzato da CPC-UNIFI); permette la produzione di mappe multi-temporali e spazialmente continue delle deformazioni superficiali dell'intero campo visivo del sensore, con una risoluzione dell'ordine dei metri (variabile a seconda della posizione di installazione rispetto allo scenario da monitorare) e un'accuratezza sub-millimetrica.
- monitoraggio strutturale e della parte terminale della colata (in carico a Autostrada Dei Fiori). Tali attività sono state intraprese con lo scopo di verificare l'assenza di ammaloramenti dell'opera dovuti alla spinta del materiale accumulatosi nel fondovalle e rilevare tempestivamente eventuali episodi di riattivazione della porzione inferiore della frana.

I sistemi così installati inviano i dati che confluiscono su pagine web che consentono il controllo dei dati e della funzionalità dei sistemi di monitoraggio. Sulla pagina web appositamente predisposta vengono visualizzate le soglie pluviometriche dei pluviometri installati e gli spostamenti letti dal radar con le relative velocità di spostamento. In caso di superamento delle soglie prefissate, vengono inviati delle comunicazioni che

segnalano gli avvenuti valori sopra-soglia. Entrambi i dati sono stati associati a dei sistemi di soglia in cui le diverse fasi operative sono rientrate in un piano speditivo per l'eventuale chiusura del tratto a sud rispetto al nuovo tratto autostradale, che in breve tempo consentono una gestione ottimale. I dati relativi al monitoraggio delle precipitazioni e dei dissesti, definendo le procedure tecnico-operative che permettano la gestione dei differenti livelli di criticità connessi al raggiungimento delle soglie sottese dal sistema di monitoraggio ed alla conseguente attivazione delle correlate misure di viabilità alternativa, coordinando le azioni che devono essere svolte dai soggetti coinvolti, tutelando gli utenti delle infrastrutture e gli operatori addetti alla messa in sicurezza.

5. ATTIVITA' DI MONITORAGGIO SPEDITIVO IN CAMPO INTERNAZIONALE

In campo internazionale, le attività di monitoraggio speditivo risultano legate al remote sensing, il rapid mapping degli eventi alluvionali e il monitoraggio dei flussi di informazioni provenienti dai social media.

Le alluvioni causano ogni anno danni importanti su vaste aree e anche la perdita di vite umane e conseguenze economiche per la Romania e per molti altri paesi. La valutazione e la gestione delle alluvioni costituiscono il primo passo e la base razionale delle misure di mitigazione contro i danni causati dalle alluvioni. Il telerilevamento fornisce informazioni che si sono rivelate utili per una vasta gamma di applicazioni nella gestione delle catastrofi. L'uso del telerilevamento e delle tecniche GIS per la mappatura e il monitoraggio rapidi delle inondazioni è un importante strumento di informazione per i decisori. Il documento descrive i metodi di lavoro, sviluppati nel Laboratorio di telerilevamento dell'Amministrazione meteorologica nazionale di Bucarest utilizzando tecniche di osservazione della Terra, per mappare le aree colpite dalle alluvioni e stimare i danni. Dal 2005, per tutti gli eventi segnalati, i dati di telerilevamento hanno svolto un ruolo importante nella produzione di mappe di alluvioni ad alta risoluzione temporale. A questo proposito, le immagini di MODIS TERRA e AQUA sono state acquisite durante gli eventi di alluvione e utilizzate come input principale per mappare le aree interessate. Considerando che MODIS è un sensore ottico, una delle principali difficoltà incontrate è stata la copertura nuvolosa. La risoluzione temporale si è dimostrata uno dei punti di forza delle immagini MODIS.

Gli eventi alluvionali causano danni sostanziali alle aree urbane e rurali. Il monitoraggio dell'estensione dell'acqua durante inondazioni su larga scala è fondamentale per identificare l'area interessata e valutare i danni. Durante tali eventi, le valutazioni spaziali delle acque alluvionali possono essere derivate da piattaforme di rilevamento satellitari o aeree. Nel frattempo, una crescente disponibilità di smartphone sta portando alla documentazione degli eventi alluvionali direttamente da parte degli individui, con le informazioni condivise in tempo reale utilizzando i social media. I dati topografici, che possono essere utilizzati per determinare dove possono accumularsi le acque alluvionali, sono ora spesso disponibili dalla cartografia nazionale o dai depositi governativi. In questo lavoro, presentiamo e valutiamo un metodo per stimare rapidamente l'estensione dell'inondazione di alluvione sulla base di un modello che fonde il telerilevamento, i social media e le fonti di dati topografici. Usando fotografie geotaggate provenienti da social media, telerilevamento ottico e mappatura del terreno ad alta risoluzione, sviluppiamo un modello statistico bayesiano per stimare la probabilità di inondazione delle alluvioni attraverso l'analisi dei pesi delle prove. I nostri esperimenti sono stati condotti utilizzando i dati raccolti durante l'evento di alluvione del Regno Unito del 2014 e si sono concentrati sulla città di Oxford e sulle aree circostanti. Usando la tecnica proposta, le previsioni di inondazione sono state valutate rispetto all'estensione dell'inondazione di verità. I risultati riportano l'accuratezza quantitativa del processo di mappatura multisorgente, che ha ottenuto un'area sotto i valori della curva operativa del ricevitore di 0,95 e 0,93 per adattamento e test del modello, rispettivamente. L'uso di dati di crowdsourcing è stato esplorato in vari articoli e programmi di ricerca in relazione alla valutazione delle catastrofi naturali, ed è stato ben descritto a seguito dei terremoti (Zook et al. 2010; Barrington et al. 2011; Ghosh et al. 2011; Kerle e Hoffman 2013). Questi approcci si basano in genere sull'interpretazione di immagini satellitari o aeree basate per valutare il danno da disastro. Le piattaforme software di crowdsourcing possono anche essere utilizzate per valutare le immagini raccolte a terra catturate utilizzando gli smartphone. Ad esempio, il progetto UNITAR-UNOSAT GeoTag-X mira a utilizzare i volontari per classificare le immagini catturate durante le situazioni di catastrofe e fornire valutazioni, come estensione delle acque alluvionali, danni agli edifici o sicurezza dei rifugi temporanei per i rifugiati (GeoTag-X 2015).

Hung et al. (2016) descrivono l'uso dei rapporti dei cittadini con riferimenti geografici in relazione agli eventi alluvionali. Descrivono un metodo per valutare la credibilità dei rapporti sulla base di un modello probabilistico addestrato su un precedente evento di alluvione. Il modello è stato quindi utilizzato per classificare la credibilità

in un evento successivo, sottolineando che le informazioni volontarie possono essere classificate automaticamente per consentire una più rapida e adozione in contesti di gestione delle emergenze.

Le Coz et al. (2016) evidenziano l'uso del monitoraggio e della previsione idrologici su base volontaria. Descrivono l'adozione di riprese video catturate dai cittadini per stimare i dati idraulici (ad es. Velocità e scarico dell'acqua) in situazioni di alluvioni flash. Inoltre, gli autori descrivono lo sviluppo e l'implementazione di un approccio di interpolazione usando le fotografie dei cittadini dei livelli massimi di alluvione in combinazione con i modelli di superficie LiDAR e la valutazione supplementare sul campo da parte dei professionisti, al fine di generare mappe di profondità dell'acqua.

L'uso delle informazioni dai social media per aiutare il processo decisionale è un compito problematico. Ciò è dovuto a molteplici ragioni, tra cui la sfida di estrarre informazioni pertinenti (ad esempio l'identificazione dell'attualità) all'interno di dati raccolti sul web non strutturati o semi-strutturati, qualità sconosciuta (potrebbero esserci scarsi o nessun metadato rilevante) e difficoltà a integrarli con altre fonti (che a loro volta possono avere i loro problemi di qualità e incertezza). Quando si utilizzano i social media, possono essere presenti distorsioni, ad esempio, da una mancanza di impegno digitale all'interno di determinati dati demografici delle popolazioni di aree particolari (Xiao et al. 2015). Panteras et al. (2014) hanno proposto uno studio attraverso il quale utilizza i riferimenti incrociati di punti geotaggati di immagini estratte da Flickr e Twitter allo scopo di stimare eventi di impronte spaziali. Gli autori estraggono i toponimi espressi nei tweet per aiutare a stimare la direzione di visualizzazione delle immagini di Flickr raffiguranti un evento di incendi, portando a una delineazione più accurata dell'evento. Tuttavia, gli autori non utilizzano i dati di osservazione della terra rilevati a distanza all'interno della loro metodologia, che è spesso disponibile in situazioni di disastro.

Diversi progetti di ricerca hanno analizzato i social media in particolare durante le catastrofi alluvionali. Albuquerque et al. (2015) forniscono un esempio dell'uso dei social media durante gli eventi alluvionali. Hanno costruito un modello statistico di tweet in relazione alle altezze dei livelli dei corsi d'acqua. In particolare, il modello ha testato l'associazione tra le posizioni dei tweet e l'altezza del livello dell'acqua nei bacini colpiti dalle inondazioni. Schnebele et al. (2014b) descrivono un approccio basato sull'interpolazione che incorpora dati provenienti da fotografie aeree geotagged e video per fornire una valutazione del danno da alluvione spazio-temporale. Inoltre, l'integrazione dei dati dei social media con il telerilevamento, le misurazioni dei livelli idrici dei corsi d'acqua associati ai modelli digitali di elevazione (DEM) si è dimostrata efficace nella produzione di mappe del rischio di alluvione quasi in tempo reale (Schnebele e Cervone 2013). Gli approcci basati sulla fusione possono anche aiutare la stima dell'estensione quando le fonti di dati hanno una copertura incompleta (Schnebele et al. 2014). Tuttavia, questi approcci si basano sulla determinazione soggettiva dell'utente e dei pesi per le variabili del modello.

6. ATTIVITÀ' DI MONITORAGGIO SPEDITIVO: FINALITÀ' E PROGETTAZIONE

Per rendere efficace l'attività di monitoraggio, l'installazione e la messa in opera della strumentazione, si ha la necessità di un'analisi di contesto del territorio in cui è necessario monitorare dei fenomeni idrogeologici ed idraulici. (Fanti, 2015).

Lo scopo del monitoraggio speditivo è quello non solo di conoscere l'andamento di un fenomeno sul territorio ma quello di utilizzare i dati provenienti dalla strumentazione come strumento di gestione dell'emergenza, codificando le soglie strumentali ai passaggi di fase operativa prevista dalla pianificazione di protezione civile territorialmente competente, veicolando questo tipo di informazione sia sulla base delle informazioni provenienti dai sistemi di monitoraggio sia sulla base delle evidenze degli impatti al suolo delle precipitazioni o dei fenomeni provenienti dalle indicazioni dei presidi territoriali idrogeologici ed idraulici.

La progettazione di un sistema di monitoraggio deve necessariamente tenere conto della strumentazione più idonea allo scopo della valutazione del fenomeno in atto. A tal fine, è necessario tenere conto selezionare il tipo di strumentazione più idonea in base alla:

- Tipo di fenomeno osservabile;
- Definizione degli scenari di evento (massimo scenario credibile);
- Stabilire i parametri da investigare e definirne i limiti di variabilità;
- Individuare l'ubicazione corretta per gli strumenti;
- Pianificare la raccolta, elaborazione, interpretazione ed implementazione dei dati;
- Prevedere per le frane, la misurazione dei fattori meteorologici;

- La localizzazione e la conseguente contestualizzazione (geo)grafica degli strumenti
- Definire intervalli temporali di analisi
- Definire e visualizzare valori limite: (soglia, attenzione, preallarme, allarme) per la verifica immediata di possibili superamenti di tali valori;
- Definire il budget per l'installazione, la manutenzione e per la misura.
- Definire l'utilizzazione di piattaforme per la visualizzazione dei dati
- Prevedere l'integrazione di altri strumenti di monitoraggio per una visione di insieme del fenomeno

Poter disporre di queste informazioni in fase di progettazione del sistema di monitoraggio, consente l'utilizzatore/decisore di poter ottimizzare tempi e risorse per una corretta e più efficace dello strumento idoneo allo scopo. La progettazione e l'implementazione di un sistema di monitoraggio è da tarare alle specifiche esigenze e alle diverse scale territoriali da investigare.

BIBLIOGRAFIA

Acrotec Foundation «Acronet».

AIViewGroup. s.d. «Tecnologie per i droni nelle applicazioni per le emergenze e per la sicurezza delle infrastrutture».

Annis, Nardi, e Castelli. s.d. «Sull'utilizzo dei dati da sensore remoto e delle Volunteered Geographic Information a supporto della modellazione idraulica delle inondazioni fluviali».

Arattano, Massimo, Velio Coviello, Marta Chiarle, e Laura Turconi. s.d. «L'utilizzo dei sensori di vibrazione per il monitoraggio delle frane e la salvaguardia del territorio». 15.

ASI e CNR-IRPI. s.d. «Monitoraggio del Rischio da Frane con tecnologie EO _ Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica.pdf».

Associated Programme on Flood Management. s.d. «Crisis mapping and crowdsourcing in flood management».

Baldini, Luca. 2015. «Strumenti innovativi per il monitoraggio di precipitazioni intense nelle aree urbane». 32.

Berti, Matteo. s.d. «Il contributo del monitoraggio nella gestione del dissesto da frana». 24.

Bindi. s.d. «Un sistema low-cost per il monitoraggio di dati meteorologici ed ambientali». 1.

Bottaro, Fabio. s.d. «Impianto di allarme frane e valanghe con monitoraggio». 3.

Cabanillas e Bozzano. s.d. «Monitoraggio di versanti attraverso tecniche di telerilevamento fotogrammetrico e termografico multipiattaforma». 5.

CAE. s.d. «ACTI-Link».

Casagli, Nicola e Federico Raspini. s.d. «Monitoraggio radar satellitare in continuo delle deformazioni del suolo in Toscana». 54.

di Cella, Umberto Morra, Fabrizio Diotri, Gianfranco Forlani, Riccardo Roncella, Marina Santise, e Paolo Pogliotti. s.d. «Monitoraggio di versanti tramite ricevitori GNSS low-cost». 2.

Cenni, Dal Forno, e Durante. s.d. «Analisi della serie temporale della stazione CGPS sulla Grande Frana di Patigno». 12.

Cnr, Sito e Sito Dta. s.d. «Uso dei disdrometri laser». 2.

CNR-IRPI. s.d. «Il monitoraggio delle colate di detrito nelle Alpi - Osservazioni sperimentali su un pericolo fenomeno torrentizio tipico delle aree alpine».

CNR-IRPI. s.d. «Integrazione di misure idrometriche in alveo per il monitoraggio delle portate e dei parametri di resistenza idraulica di un corso d'acqua».

CNR-IRPI. s.d. «Misurare deformazioni in profondità con un Sistema Inclinometrico Automatizzato (AIS)».

CNR-IRPI. s.d. «Strumenti e metodi innovativi per il monitoraggio dei fenomeni franosi _ Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica.pdf».

CNR-IRPI. s.d. «Studio della frana di Montaguto (AV)».

Comiti, Macconi, Arattano, Bertoldi, Bettella, Borga, Brardinoni, Cavalli, D'Agostino, Marchi, Penna, e Pozza. s.d. «Debris Flow monitoring in the Gadria Catchment».

Corazza, Angelo. s.d. «Il geologo professionista nelle attività di protezione civile». 35.

Damato, Davide, Michele Morelli, Luca Lanteri, Daniele Bormioli, Rocco Pispico, Stefano Campus, e Marta Castelli. s.d. «Metodo speditivo per la costruzione di carte della suscettibilità da crolli in roccia pre- rilievo di terreno (Metodo Arpa-prog. MASSA)». 21.

Dipartimento Protezione Civile. s.d. «Il monitoraggio della frana di Montaguto (AV)».

EUTELSAT SA, METEO FRANCE, CITTA' METROPOLITANA di, FIRENZE, COMUNI di SCANDICCI e IMPRUNETA, CONSORZIO PIANETA GALILEO e molti istituti scolastici della Regione Toscana. s.d. «Il progetto Nefocast».

Fanti, Riccardo. s.d. «I fenomeni franosi: descrizione e monitoraggio». 146.

Farolfi, Gregorio, Aldo Piombino, e Filippo Catani. 2019. «Fusion of GNSS and Satellite Radar Interferometry: Determination of 3D Fine-Scale Map of Present-Day Surface Displacements in Italy as Expressions of Geodynamic Processes». Remote Sensing 11(4):394.

Ferrando, Ilaria, Bianca Federici, e Domenico Sguerso. s.d. «Monitoraggio di eventi meteorici intensi a partire da dati GNSS a supporto di allerte meteo». 3.

Fondazione Politecnico Milano. s.d. «LAMPO: Lombardy-based Advanced Meteorological Predictions and Observations.pdf».

gdtest, Capetti, Glabs, e CAE. s.d. «LASMON: Landslide Monitoring System».

Giordan, Daniele. s.d. «Strumenti e metodi innovativi per il monitoraggio dei fenomeni franosi». 31.

Guy J.-P. Schumann «Remote Sensing of Floods»

INGV. s.d. «Monitoraggio speditivo delle coste rocciose da fotogrammetria SfM da imbarcazione: considerazioni sul metodo per misure indipendenti.pdf».

Irimescu, Craciunescu, Stancaliu, Nertan «Remote sensing and GIS techniques for flood monitoring and damage assessment. Study case in Romania»

J. F. Rosser, D. G. Leibovici & M. J. Jackson «Rapid flood inundation mapping using social media, remote sensing and topographic data»

Lavy, Crepaldo, e De Maio. s.d. «Modello geomorfologico per l'analisi della pericolosità di movimenti di massa».

Lebourg, Thomas, Marion Pierini, Daniele Bormioli, Michele Morelli, Davide Damato, Rocco Pispico, Stefano Campus, Paolo Allasia, Marco Baldo, Connie Contrafatto, Furio Dutto, Daniele Giordan, e Andrea Manconi. s.d. «MASSA: Medium And Small Size rockfall hazard Assessment». 21.

Marchi, Lorenzo. s.d. «Il monitoraggio delle colate detritiche». 32.

Politecnico di Torino. s.d. «Monitoraggio parametri ambientali: misurare la pioggia con lo Smartphone».

Ponte, Maurizio. s.d. «Il monitoraggio dei fenomeni franosi». 113.

Realini, Eugenio e Yuval Fontana. s.d. «MEMENTO: Monitoraggio di eventi meteorologici estremi e instabilità del terreno». 2.

Rech, Francesco. s.d. «Strumenti e criteri di osservazione e di gestione dei dati. La serie pluviometrica 1984-2010 dell'ARPAV». 21.

Relazione di sopralluogo, Frana Madonna del Monte – viadotto A6 Savona – Torino, Fondazione CIMA, UNIFI

SIAP, MICROS, e CNR-IRPI. s.d. «ALMOND_F».

Simonini, Paolo. s.d. «Monitoraggio innovativo di opere geotecniche». STRUCTURAL HEALTH MONITORING 49.

SOFIISKI UNIVERSITET SVETI KLIMENT. s.d. «Il monitoraggio delle condizioni meteorologiche con i GNSS nell'Europa sudorientale».

Spanò, Antonia Teresa e Giulia Sammartano. 2015. «Mapping speditivo da sensori mobili per il controllo della conservazione dei valori paesaggistici del territorio». Territorio Italia (2).

Tecnopenta. s.d. «G1 - Tilt. sensore di inclinazione per allarmi».

Tecnopenta. s.d. «Sensori a superamento soglie on_off – allarme frane.pdf».

Toschi, di Isabella. s.d. «recenti sviluppi e caso applicativo». 5.

Truffelli. s.d. «L'alluvione del 2015: le colate detritiche».

Università della Calabria, Autostrade Tech, UNI Reggio Calabria e di Firenze, CINID, CAMILab, Geomatica, Nems, Geotecnica, Dipartimento di matematica, Strago, UNI Catania, e µWave. s.d. «LEWIS: Landslide Early Warning Integrated System».

Urciuoli, Ing Gianfranco. s.d. «Monitoraggio e sistemi di preannuncio di frane rapide». 82.

Zini. s.d. «I droni per lo studio dei fenomeni franosi e delle alluvioni».

Zuliani, David, Paolo Fabris, Michele Bertoni, Giorgio Durì, e Elvio Del Negro. 2016. «Monitoraggio con sistema GNSS SENDAS: OGS e il case history della frana di Tolmezzo.»