

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

RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO

A32_LG4

Linee guida per la costruzione degli scenari di evento per diversi livelli (almeno 3) e per diversi scenari tipici

25.10.2021

Bozza finale 1.0



CIMA
POLIMI
IRPI
CAMI lab
CiNiD

Azione

A32

Miglioramento della pianificazione di emergenza comunale e intercomunale: predisposizione di scenari di evento e di rischio e individuazione delle aree a minore sostenibilità del rischio

Partner

CAMILAB - Università della Calabria

Autori

Francesco Cruscomagno

Danilo Spina

Pasquale Versace

Note / Dettagli

In questo elaborato è stato integrato (come appendice) il documento tecnico A32_DT1

Questo rapporto costituisce la bozza finale del prodotto A32_LG4 *Linee guida per la costruzione degli scenari di evento per diversi livelli (almeno 3) e per diversi scenari tipici*, inquadrata all'interno dell'Azione A32 "Miglioramento della pianificazione di emergenza comunale e intercomunale: predisposizione di scenari di evento e di rischio e individuazione delle aree a minore sostenibilità del rischio" dell'affidamento di servizi per il "Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile" a valere sul PON Governance e Capacità istituzionale 2014-2020.

Indice

Premessa.....	2
1. Livelli di approfondimento	3
2. Scenario di Alluvione.....	4
2.1. Livello 1 o speditivo	5
2.2. Livello 2 o intermedio	9
2.3. Livello 3 o di dettaglio.....	11
2.4. Costruzione dello scenario di Livello 1	12
2.5. Costruzione dello scenario di Livello 2	14
2.6. Costruzione dello scenario di Livello 3	16
3. Scenario di evento per le frane	18
3.1. Considerazioni preliminari.....	18
3.2. Livello 1 o speditivo	18
3.3. Livello 2 o intermedio	20
3.4. Livello 3 o di dettaglio.....	20
3.5. Costruzione dello scenario di livello 1	22
3.6. Costruzione degli scenari di livello 2 e 3.....	25
4. Applicazione ai casi di studio	26
Appendice 1.....	37
Appendice 2.....	51
Appendice 3.....	54

Premessa

Queste linee guida definiscono gli aspetti più generali per la costruzione degli scenari di evento relativamente alle alluvioni ed alle frane.

Gli Scenari di evento devono descrivere in modo sintetico e facilmente comprensibile quali sono le caratteristiche di specifici fenomeni che possono manifestarsi, descrivendone l'intensità, le aree interessate, le direttrici lungo le quali è prevedibile che si possano sviluppare, i punti di innesco e altre informazioni utili a capire le caratteristiche essenziali dei fenomeni.

Gli scenari di evento sono rappresentati con la predisposizione dei seguenti elaborati:

- Relazione: descrive in modo sintetico, per una specifica tipologia di evento, gli scenari attesi, indicandone le caratteristiche essenziali.
- Cartografie: riportano, ad una scala non inferiore al 10.000, sulla carta tecnica regionale o su altra carta tematica equivalente oppure su ortofoto, la delimitazione delle aree vulnerabili, loro eventuale zonazione basata sulla magnitudo del fenomeno atteso, indicazione, ove presenti, delle direttrici di propagazione, punti critici, punti di osservazione; etc.
- Schede tecniche: contengono le informazioni essenziali relative agli scenari di evento. Tali schede sono composte, ove possibile, da check list che facilitano la compilazione.

Nella descrizione dello scenario vengono più volte citati i punti critici, di osservazione, di intervento e altri ancora, che qui vengono solamente richiamati, in quanto sono oggetto di un apposito documento (A41_LG1 - Linee Guida per l'identificazione dei punti critici e dei punti di osservazione) nel quale sono riportati tutti i necessari dettagli.

Nella trattazione dello scenario di evento si utilizza spesso il termine **aree vulnerabili** che indica, nel caso di alluvioni, le aree inondabili, o, nel caso di frane, le aree interessate da questo tipo di evento.

1. Livelli di approfondimento

È possibile sviluppare un'analisi di scenario con diversi livelli di approfondimento, per ognuno dei quali saranno curati, con uno specifico dettaglio, gli aspetti relativi alle caratteristiche del fenomeno considerato, alle aree interessate, ai metodi utilizzati per l'identificazione delle aree vulnerabili ed alle altre informazioni utili per definire tutte le componenti dello scenario.

In generale si possono distinguere almeno tre livelli di approfondimento: un primo livello che può considerarsi di base (o speditivo), un secondo livello intermedio ed un terzo livello che contiene l'informazione di massimo dettaglio.

Aumentando il livello aumenta la complessità della procedura di costruzione della carta degli scenari che richiede investimenti significativi e tempi non brevi. Pertanto tali indagini difficilmente possono essere sviluppate in modo sistematico ed esteso all'intero territorio comunale, ma vanno effettuate solo nei casi specifici dove le conseguenze dell'evento potrebbero risultare particolarmente gravose.

In particolare i criteri per identificare le aree in cui sviluppare scenari di evento di livello superiore al primo, sono descritti nell'appendice 1 *Criteri per identificare le aree in cui sviluppare scenari di evento di livello superiore al primo*.

2. Scenario di Alluvione

Nel caso di alluvioni gli scenari di evento possono essere rappresentati con un diverso livello di approfondimento e di dettaglio, a partire da una descrizione sintetica che si limiti a identificare le zone interessate dall'evento, fino ad arrivare a descrizioni più analitiche che forniscano dati sulla magnitudo dell'evento atteso. Anche la modellistica matematica per descrivere la trasformazione afflussi deflussi, la propagazione in alveo ed eventualmente fuori alveo può essere sviluppata con strumenti semplici o complessi, che concorrono a definire il livello di analisi e di descrizione degli scenari.

Nella loro configurazione più generale, gli scenari di evento devono contenere in forma grafica, descrittiva e tabellare le seguenti informazioni:

- a) aree vulnerabili, cioè le aree che possono essere colpite dall'evento;
- b) intensità (magnitudo) dell'evento, misurata in una scala adeguata al tipo di fenomeno, suddividendo eventualmente l'area vulnerabile in sotto aree di pari intensità;
- c) punti critici nei quali:
 - i) il fenomeno può originarsi o può evolvere o trasformarsi in modo sfavorevole, cambiando direzione o intensità, ad esempio: nei tratti dove le arginature sono inadeguate o l'officiosità idraulica è minore o può diminuire ulteriormente per effetto della piena e del conseguente trasporto di materiale ingombrante,
 - ii) il fenomeno può assumere magnitudo particolarmente elevata,
 - iii) gli effetti dell'evento potrebbero amplificarsi (esempio tratti tombati).

Oltre questi contenuti lo scenario di evento può offrire informazioni relative a:

- d) direzioni di propagazione della corrente;
- e) punti di osservazione dove è possibile controllare, in condizioni di sicurezza, l'evolvere del fenomeno o effettuare la lettura di strumenti che non operano in telemisura, fornendo in ogni caso elementi utili per l'attivazione di nuove fasi operative, previste dal modello di intervento;
- f) punti sensibili o di interesse strategico di maggiore rilevanza: quali scuole, ospedali, case di riposo, nonché elementi territoriali (edifici, infrastrutture tecnologiche e di servizio) o attività che se investite dall'evento potrebbero essere fonte di interruzione delle funzioni di Comando e Controllo dell'emergenza.

Per una stessa tipologia di evento possono essere tracciati più scenari. Ad esempio un'inondazione può assumere aspetti diversi a seconda della portata di piena ipotizzata, oppure in presenza o meno di rotture o collassi arginali, o di ostruzioni in corrispondenza di attraversamenti, oppure di situazioni particolari e temporanee che si possono manifestare nell'area di interesse, come ad esempio la presenza di cantieri per la realizzazione e/o l'ammodernamento di opere di difesa o di infrastrutture etc.

Il livello di approfondimento ed i metodi di indagine da applicare sono condizionati anche dal fatto che, in molti casi, non tutto il territorio di interesse è stato indagato con il PAI o il PGRA e quindi c'è una parte, che può essere anche molto ampia, in cui manca l'informazione essenziale rappresentata dalla delimitazione delle aree vulnerabili. Su queste aree non indagate possono applicarsi tecniche anche semplici che forniscono, in prima approssimazione l'informazione richiesta.

In linea generale si può affermare che, in caso di inondazioni, i tre livelli di approfondimento differiscono in base:

- a) alla procedura adottata per delimitare le aree vulnerabili,
- b) alla valutazione della magnitudo dell'evento e alla conseguente zonazione delle aree vulnerabili,
- c) ai criteri adottati per identificare e caratterizzare i punti critici.

Nel seguito per ciascun livello sono riportati con i necessari dettagli i contenuti minimi della carta degli scenari di evento di inondazione.

Trattandosi di contenuti minimi ogni carta di uno specifico livello potrebbe avere anche alcuni contenuti caratterizzanti il livello superiore di analisi.

Nei successivi paragrafi 2.1, 2.2, 2.3 sono discussi i contenuti dei vari livelli, mentre nei paragrafi 2.4, 2.5, 2.6 sono descritte con il necessario dettaglio le modalità da seguire per la costruzione delle relative carte degli scenari di evento.

2.1. Livello 1 o speditivo

Negli elaborati di livello 1 dovranno essere riportate le seguenti informazioni:

a) Delimitazione aree inondabili

Comprende le aree già perimetrare e validate in documenti ufficiali. Le fonti sono:

- ✓ PAI;
- ✓ PGRA;
- ✓ Documenti tecnici regionali o subregionali, tipo il Piano di coordinamento territoriale, Piano Provinciale di previsione e prevenzione, ecc.;
- ✓ Documenti tecnici comunali, tipo i Piani urbanistici di vario livello;
- ✓ Piano di protezione civile (o di emergenza) comunale;
- ✓ Aree storicamente inondate;
- ✓ Altra cartografia tecnica formalmente validata e approvata dall'autorità amministrativa competente.

Quando una fonte documentale propone più di una delimitazione, come ad esempio il PAI, che utilizza almeno tre periodi di ritorno, si considerano, per sicurezza, quelle con maggiore estensione.

L'inviluppo di tutte le aree provenienti dalle diverse fonti costituisce la delimitazione delle aree inondabili, da utilizzare come base per la carta degli scenari di rischio da inondazione.

Qualora risulti già adottata dalle amministrazioni competenti una mappa della suscettività all'inondazione, è possibile integrare la carta degli scenari con le informazioni relative a tale carta, che dovranno comunque essere rappresentate in maniera differenziata per tener conto della diversa metodologia adottata.

b) Zonazione delle aree inondabili

La zonazione avviene in base alla magnitudo dell'evento, definita, in ogni punto, dal prodotto $VH [m^2s^{-1}]$ tra la velocità e il tirante idrico, oppure da altra grandezza di riferimento ritenuta più idonea. Una tale informazione non è usualmente disponibile nei documenti sopra elencati e, quindi, al livello 1 la zonazione non è presente.

c) Punti critici

Per l'individuazione dei punti critici si fa riferimento alle tipologie indicate nella tabella 1.

Tipologia di punto critico	Note
Tratto tombato	
Presenza di fitta vegetazione in alveo	
Arginatura con altezza discontinua	
Argine con altezza insufficiente al contenimento della piena	
Argine rotto o danneggiato	
Discontinuità d'argine	
Punti di possibile esondazione e/o rottura	
Sponde non protette potenzialmente erodibili	
Fenomeni erosivi in alveo	
Discariche in alveo	
Tratti di alveo pensile	
Argine mancante	
Attraversamenti a raso	
Strette che possono generare rigurgiti	
Aree potenzialmente interessate dall'apertura di fontanazzi	
Tratti di alveo sovralluvionato	
Localizzazione delle forme carsiche come gravine, lame, doline, inghiottitoi	Corsi d'acqua in ambiente carsico

Localizzazione delle forme carsiche come gravine, voragini, doline, pozzi di crollo e inghiottitoi	Corsi d'acqua di tipo endoreico
Perimetrazione delle aree depresse, in corrispondenza delle forme carsiche, per le quali si possono manifestare fenomeni di ristagno idrico legati ad eventi pluviometrici	

Tabella 1 - Punti critici per lo scenario di evento inondazione

Nelle aree vulnerabili la localizzazione dei punti critici avviene:

- ✓ utilizzando l'informazione fornita dai documenti ufficiali sopra elencati, in particolare dai Piani di protezione civile regionale, provinciale o comunale o dalle informazioni relative agli eventi del passato. Tali punti saranno indicati nel seguito come PCN (punti critici noti). I PCN devono essere descritti utilizzando le schede riportate nell'allegato 1 del rapporto A41_LG2,
- ✓ attraverso sopralluoghi sistematici estesi a tutta l'area vulnerabile.

Oltre ai PCN devono essere identificati anche i cosiddetti punti critici possibili (PCP oppure nodi) rappresentati dalle tipologie riportate in tabella 2.

Punti di intersezione tra reticolo e rete viaria/ferroviaria
Tratti tombati noti (derivanti dall'analisi della CTR o del reticolo idrografico)
Tratti che attraversano o fiancheggiano aree abitate o, più in generale, antropizzate
Brusche variazioni di pendenza del reticolo
Tratti di reticolo potenzialmente interessati da colate e/o da frane
Confluenze di particolare rilevanza

Tabella 2 - PCP Punti potenzialmente critici scenario di evento inondazione

L'individuazione dei PCP deve essere effettuata in via preliminare su tutto il territorio comunale, deve, perciò, riguardare sia le aree vulnerabili (A_v) sia le altre aree (A_a) che comprendono, a loro volta, le aree non indagate e quelle indagate ma non classificate come vulnerabili. Per l'individuazione dei PCP si rimanda al rapporto **A32_LG2 "Linee guida per la redazione di carte dei punti critici idraulici"**.

In generale l'effettiva criticità dei PCP deve essere verificata attraverso un primo screening basato sull'analisi di immagini satellitari e avvalendosi di Google Street View o di altri tool simili e, per i casi più incerti, attraverso specifici sopralluoghi.

I PCP risultati effettivamente critici diventano PCN e devono essere numerati e descritti utilizzando le schede dell'allegato 1 del rapporto A41_LG2. Per una maggiore chiarezza espositiva la scheda monografica di rilevamento di un punto critico è riportata in Appendice 2.

La localizzazione dei PCP e dei PCN deve essere estesa a tutto il territorio comunale. Ma, per gli scenari di livello 1, le verifiche di cui sopra (screening preliminare, sopralluoghi mirati) si effettuano solo per i PCP ricadenti nelle aree vulnerabili A_v , ovviamente nei soli casi in cui essi non coincidano con i PCN.

Invece, sempre al primo livello, per i PCP ricadenti nelle aree A_a , non si effettua la verifica. Ci si limita a riportarli con apposito simbolismo sulla cartografia.

Per tutti i PCN, anche esterni all'area inondabile, la relativa scheda descrittiva deve essere redatta già al primo livello.

In sintesi, al livello 1 si analizzano, compilando la relativa scheda:

- tutti i PCN,
- solo i PCP ricadenti in A_v risultati effettivamente critici e riclassificati come PCN.

Per quanto riguarda i PCP della zona A_a la loro analisi è rimandata al livello 2.

Sulla carta degli scenari di evento, pertanto saranno riportati:

- sulle aree A_v tutti i PCN, inclusi, ovviamente, quelli che originariamente erano PCP e sono stati riclassificati PCN. I punti dovranno essere identificati con apposita simbologia e da un codice numerico di due cifre
- sulle aree A_a i PCN, eventualmente presenti, e i PCP non ancora indagati. Dovrà essere adottata una diversa simbologia e una diversa numerazione, utilizzando in entrambi i casi, un codice di due cifre.

d) Altri contenuti

La carta degli scenari di evento di livello 1 può riportare anche:

- le direzioni di propagazione della corrente, ove desumibili dalla documentazione esistente;
- punti di osservazione dove è possibile controllare, in condizioni di sicurezza, l'evolvere del fenomeno o effettuare la lettura di strumenti che non operano in telemisura, fornendo in ogni caso elementi utili per l'attivazione di nuove fasi operative, previste dal modello di intervento. I punti di osservazione devono essere individuati da apposita simbologia, numerati con un codice a due cifre e corredati da una scheda descrittiva (vedi allegato 1 del rapporto A41_LG2).
- i percorsi che consentono di raggiungere in sicurezza i punti di osservazione.

Per quanto riguarda i punti di osservazione questi possono essere ulteriormente suddivisi in punti di osservazione strumentale e punti di osservazione diretta. Nel primo caso, i punti di osservazione coincidono con la localizzazione di strumenti fissi che non operano in telemisura e quindi richiedono una lettura in situ. Nel secondo caso, si fa riferimento a quei punti dai quali è possibile osservare, in condizioni di sicurezza,

l'evolvere del fenomeno attraverso una visione panoramica dell'area d'interesse, soprattutto dei punti critici, e/o monitorare il fenomeno anche avvalendosi di attrezzature portatili.

Laddove possibile, è auspicabile che l'individuazione dei punti di osservazione sia eseguita in modo tale da consentire, per ogni postazione, l'osservazione di più punti critici.

Per ognuno dei punti di osservazione devono essere indicate le attività da svolgere durante i sopralluoghi, così da avere una risposta oggettiva e puntuale dell'informazione.

È preferibile, inoltre, riportare sulla carta degli scenari di evento anche:

- i punti ad altissima vulnerabilità (PAV) ricadenti nelle aree vulnerabili (A_v), quali:
 - scuole;
 - asili nido;
 - strutture sanitarie e/o socioassistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.);
 - sottopassi stradali e pedonali;
 - locali interrati, o a piano terra, abitati;
 - tratti di strada e spazi aperti nei quali l'intensità del fenomeno è molto elevata;
 - edifici fatiscenti o comunque palesemente inadeguati a reggere l'impatto dell'inondazione o della frana.
- alcune tipologie di PAV ricadenti nelle altre aree (A_a), e, in particolare, i sottopassi stradali e pedonali.

Si tratta di informazioni che caratterizzano la carta degli scenari di rischio, ma che, per comodità, possono riportarsi anche sulla carta degli scenari di evento, a patto di non renderne meno immediata la leggibilità.

È opportuno accompagnare la carta degli scenari di evento con una sintetica relazione nella quale andranno indicati anche:

- le caratteristiche essenziali dei bacini idrografici che attraversano il territorio comunale;
- gli eventi storici che hanno interessato il territorio e i danni connessi.

2.2. Livello 2 o intermedio

L'estensione al livello 2 si concretizza, sostanzialmente, nella zonazione, almeno parziale, delle aree vulnerabili e nella verifica e nella caratterizzazione dei PCP non considerati al livello 1 e che ricadono nelle aree A_a . In particolare il livello 2 richiede la valutazione delle velocità e dei tiranti idrici delle aree inondabili o almeno nella parte di maggiore interesse per i danni che potrebbero verificarsi, soprattutto per le persone. Ciò implica il ricorso a modelli idraulici bidimensionali che a loro volta richiedono un aggiornamento, ove necessario, della topografia di base e delle portate transitabili. Questa nuova elaborazione, oltre a fornire gli elementi necessari per la zonazione, può implicare anche una parziale modifica nella delimitazione delle aree inondabili.

a) Delimitazione aree inondabili

Per costruire la carta di secondo livello dello scenario di evento inondazione occorre:

1. identificare all'interno dell'area vulnerabile, così come delimitata al primo livello, quali sono le aree che, tenendo conto degli effetti che l'inondazione potrebbe provocare, richiedono di realizzare una zonazione dell'intensità, sviluppando il secondo livello; tali aree possono, al limite, coincidere con l'intera area vulnerabile, ma in genere ne costituiscono solo una parte. I criteri in base ai quali effettuare la scelta delle aree da considerare al secondo livello sono indicate nell'appendice 1.
2. integrare, ove necessario, il rilievo topografico nelle zone di interesse, incluso il rilievo di tutte le opere d'arte presenti;
3. ricostruire l'idrogramma di progetto con un periodo di ritorno di 500 anni, attraverso un opportuno modello AD; in alternativa può essere sufficiente la sola stima della portata al colmo con lo stesso periodo di ritorno ottenuta con un modello statistico. La seconda opzione è molto più semplice ma implica l'ipotesi di moto permanente e in ultima analisi una valutazione imprecisa e per eccesso delle aree inondabili. È preferibile fare riferimento a modelli open source tipo HEC-HMS, facilmente utilizzabili da parte di tecnici non specialisti, piuttosto che a più dettagliati modelli commerciali o di ricerca non ancora ingegnerizzati;
4. ricostruire l'andamento dei deflussi in alveo e nelle aree inondate, utilizzando un opportuno modello idraulico bidimensionale. Anche in questo caso la preferenza va ai modelli open source tipo HEC-RAS.

In linea di massima le aree inondabili non dovrebbero cambiare, a meno che dalle elaborazioni di livello 2 non emergano indicazioni diverse. In tal caso la carta di livello 2 dovrà includere la nuova perimetrazione.

b) Zonazione delle aree inondabili

Come già accennato, la zonazione avviene in base alla magnitudo dell'evento, definita, in ogni punto, dal prodotto $VH [m^2s^{-1}]$ tra la velocità e il tirante idrico. Le aree indagate possono essere suddivise in zone in base ai valori assunti da V e H nel modello idraulico. È preferibile utilizzare le classi indicate in tabella 3, che definiscono tipologie di effetto desunte dalla letteratura.

$(V \times H) \leq 0,4 \text{ m}^2/\text{s}$	Classificazione proposta da <i>Cox et al. (2010)</i>
$0,4 \text{ m}^2/\text{s} < (V \times H) \leq 0,8 \text{ m}^2/\text{s}$	
$0,8 \text{ m}^2/\text{s} < (V \times H) \leq 1,2 \text{ m}^2/\text{s}$	
$1,2 \text{ m}^2/\text{s} < (V \times H) \leq 3 \text{ m}^2/\text{s}$	Classificazione proposta da <i>Karvonen et al. (2000)</i>
$3 \text{ m}^2/\text{s} < (V \times H) \leq 7 \text{ m}^2/\text{s}$	
$(V \times H) > 7 \text{ m}^2/\text{s}$	

Tabella 3 - Classi di intensità dell'evento

c) Punti critici

L'aggiornamento dei punti critici comprende:

- per le zone oggetto dell'analisi di livello 2, la verifica, attraverso specifici sopralluoghi, del loro livello di criticità e l'aggiornamento delle relative schede;
- per le altre zone, ricadenti nell'area A_a (aree non indagate e aree indagate ma non classificate come vulnerabili), la verifica dei PCP e la redazione, ove la criticità risulti confermata, della relativa scheda descrittiva.

2.3. Livello 3 o di dettaglio

Lo scenario di livello 3 potrà essere sviluppato solo per aree limitate, caratterizzate da una minore sostenibilità del rischio.

L'estensione al livello 3 è suggerita dal verificarsi di una o più delle situazioni seguenti:

- ✓ necessità di approfondire l'analisi utilizzando un rilievo topografico di dettaglio volto anche a determinare la geometria dei manufatti che si incontrano lungo il corso del fiume, o che, pur essendo all'esterno, possono influire sull'andamento dei deflussi (ad esempio rilevati stradali o ferroviari esterni all'alveo, che in caso di inondazione possono ostacolare il deflusso delle acque nella zona inondabile),
- ✓ esigenza di approfondire l'analisi servendosi di una modellistica idrologica e idraulica più avanzata nelle aree già considerate a livello 2, o in quella parte di esse che appare più importante in termini di danno atteso,
- ✓ opportunità di verificare gli effetti di alcune ragionevoli ipotesi di malfunzionamento del sistema di difesa idraulica e conseguente ampliamento della zona inondabile. Tra le ipotesi da considerare: il cedimento di tratti di arginatura, l'ostruzione totale o parziale di strettoie artificiali o naturali esistenti, il sovralluvionamento dell'alveo con conseguente riduzione della sezione idrica.

Il calcolo delle aree inondate avviene con procedure analoghe a quelle usate nel secondo livello o utilizzando una specifica modellistica eventualmente introdotta in questo terzo livello.

a) Delimitazione aree inondabili

Le aree inondabili sono date, al terzo livello, dall'involuppo delle aree di cui al livello 2, di quelle derivanti dalla eventuale modellazione più avanzata dei fenomeni idrologici e idraulici, e di quelle inondabili per effetto di alcune (2-3) ipotesi di malfunzionamento.

b) Zonazione delle aree inondabili

La suddivisione in classi è analoga a quella descritta al livello 2, e si effettua considerando la situazione più svantaggiosa derivante dalle diverse ipotesi considerate.

c) Punti critici

Per i punti critici più direttamente interessati dagli effetti del malfunzionamento delle opere è necessario l'aggiornamento delle schede esistenti o, se necessario la creazione di nuove schede.

2.4. Costruzione dello scenario di Livello 1

La costruzione dello scenario di livello 1 è basata sull'utilizzo e l'analisi dell'informazione esistente, con una limitata attività integrativa. I dati, reperiti presso le varie fonti ufficiali, dovranno essere elaborati e/o trasformati in formato digitale (qualora già non lo siano) per essere impiegati nella stesura degli elaborati dello scenario.

Le informazioni che caratterizzano lo scenario dovranno essere riportate nei seguenti elaborati:

- relazione sullo scenario di evento: descrive in modo sintetico lo scenario di evento atteso, indicandone le caratteristiche essenziali;
- carte dello scenario di evento: riportano, ad una scala non inferiore al 10.000, sulla carta tecnica regionale o su altra carta tematica equivalente oppure su ortofoto: delimitazione delle aree vulnerabili, loro eventuale zonazione, punti critici, punti di osservazione, così come indicato al precedente punto 2.1. Per la restituzione a stampa, qualora le dimensioni della tavola lo richiedano, si può utilizzare una corografia a scala 50.000, articolata in sezioni a scala non inferiore al 10.000 oppure con schegge a detta scala, nel caso in cui le aree di interesse risultino concentrate in una limitata porzione di territorio;
- schede descrittive con le informazioni essenziali relative ai punti di crisi e di osservazione individuati per lo scenario.

Come già accennato sulla carta degli scenari di evento vanno riportati anche i PAV interni alla zona inondabile, purché questo inserimento non sia a discapito della leggibilità della carta.

La costruzione dello scenario di evento, di livello 1, deve essere realizzata a scala comunale, per cui sarà oggetto d'indagine l'intera superficie del comune.

Per la realizzazione delle carte tematiche relative allo scenario di evento sarà necessario disporre di strati informativi, da utilizzare con opportuni software, anche di tipo GIS, che consentono di descrivere sia il territorio che gli altri elementi dello scenario in modo chiaro ed efficace.

Di seguito vengono elencati gli strati informativi, da recuperare in formato digitale (documenti e dati in formato shape o raster), utili per la costruzione degli scenari di evento livello 1:

1. Documenti di base:
 - Shape dei bacini idrografici e del reticolo idrografico che interessano il comune;

- Piano di protezione civile comunale in vigore (parte descrittiva e tavole allegate al piano) ;
- Piani o strumenti urbanistici (PRGC, PUC) del comune oggetto di analisi;
- Strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale a livello Regionale (QTR) e a livello Provinciale (PTCP) ;
- Modelli digitali del terreno (DEM) alle varie risoluzioni (se possibile a risoluzione 1 m – 2m) ;
- La carta tecnica regionale (CTR);
- Piano di emergenza diga (per le dighe che interessano il territorio di analisi);
- Informazione storica (possibilmente georeferenziata) sulle aree vulnerate.

2. Documenti relativi alla Pericolosità:

- Shape delle aree perimetrate dal PAI e dal PGRA;
- Shape dei punti critici e/o di attenzione individuati dal PAI e dal PGRA;
- Shape delle Aree storicamente inondate;
- Eventuali altre informazioni reperibili da altri documenti.

Per la delimitazione delle aree vulnerabili (individuate nel PAI, PGRA, o in altri piani quali PTCP, QTR e altri strumenti urbanistici comunali) si dovrà raggruppare l'informazione in modo da ottenere uno strato informativo che rappresenti la fusione dei dati raccolti, evitando ridondanze e inutili sovrapposizioni. Ad esempio, un'area che è stata individuata nel PAI ed a sua volta è riportata anche negli strumenti urbanistici (PTCP, QTR) oltre che nel PGRA (magari con una differente rappresentazione) dovrà essere considerata una sola volta e, qualora vi fossero differenze nella delimitazione geometrica, si dovrà assumere la geometria dell'area che ne costituisce l'involuppo. Al fine di una corretta rappresentazione dell'informazione sulla carta dello scenario è opportuno definire delle regole che consentano il trasferimento dell'informazione delle varie fonti in modo univoco, così da poter convertire le legende dei dati di partenza in un'unica legenda che consenta una facile lettura delle informazioni riportate nello scenario. Ad esempio, per la Calabria, il PAI identifica le aree distinguendole in: i) aree a rischio, declamate secondo quattro livelli diversi (da R1 a R4); ii) aree di attenzione; iii) zone di attenzione; iv) punti di attenzione; mentre il PGRA le distingue in base alla pericolosità (declamata su tre livelli, da P1 a P3, a cui si aggiungono le zone di attenzione ed i punti di attenzione) ed al rischio (declamato secondo quattro livelli diversi, da R1 a R4). La sintesi dovrà convergere verso una sola modalità di rappresentazione che, trattandosi di scenari di evento al primo livello di dettaglio, considererà le aree derivanti dall'involuppo come aree vulnerabili e pertanto rappresentate con un'unica simbologia. Le rimanenti informazioni relative ai punti ed alle zone di attenzione contribuiranno all'individuazione dei punti critici.

L'informazione di dettaglio contenuta nei vari strati informativi, non sarà abbandonata ma potrà essere utilizzata per redigere specifiche carte a supporto dello scenario. È il caso ad esempio, dell'informazione storica, la quale potrà essere utilizzata per dar vita ad apposita cartografia dove verranno riportati solo i punti e le aree storicamente vulnerate.

Per la individuazione dei punti critici devono essere prese a riferimento le tipologie di criticità riportate nella precedente tabella 1. La loro localizzazione avviene, estrapolando le informazioni necessarie, desumibili dai documenti ufficiali già elencati. Questi rappresentano i punti critici noti o PCN. Sono inoltre da censire i punti critici possibili (PCP oppure nodi) per i quali possono essere prese a riferimento le tipologie di criticità riportate nella precedente tabella 2. La loro identificazione avviene applicando la metodologia descritta nel rapporto A32_LG2.

Tutti i PCP dovranno essere sottoposti ad una verifica preliminare che confermi la presenza di una potenziale criticità. La verifica può essere effettuata, in prima istanza, sulla base di immagini aeree (ricavate da piattaforme quali Google Earth, Bing, Street View, etc.). Qualora, per alcuni PCP, non fosse possibile stabilire la condizione di criticità presente utilizzando le immagini da piattaforma sarà necessario effettuare appositi sopralluoghi.

Per completare la costruzione dello scenario di evento è necessario localizzare anche i punti di osservazione.

Questi possono essere individuati sia con analisi da piattaforma sia mediante appositi sopralluoghi, oppure avvalendosi di pregresse campagne di indagini.

Da questi punti, che devono essere sicuri e raggiungibili in sicurezza, dovrà essere possibile monitorare il fenomeno durante l'evolversi dell'evento. Per alcuni punti di osservazione può accadere che nel corso dell'evento la prerogativa della condizione di sicurezza possa venir meno. È il caso, ad esempio, dei ponti. Sarà quindi necessario effettuare, a livello di presidio territoriale, le opportune valutazioni affinché si identifichino quei punti di osservazione che potrebbero essere tali solo in determinati momenti durante l'evento e che dovranno essere abbandonati quando la situazione evolve negativamente. In questi casi l'osservazione può proseguire, ove possibile, da punti più lontani e sicuri anche se a prezzo di una peggiore visibilità di quanto accade, per maggiori dettagli si rimanda al già citato rapporto A41_LG1.

Si può, inoltre, verificare il caso in cui l'osservazione diretta del punto critico sia impossibile sia per motivi di sicurezza che per motivi di accessibilità. Si parla in tal caso di punti critici non osservabili, per i quali sarà necessario ricorrere ad altre modalità di controllo basate, ad esempio, sull'uso di telecamere, di sensori acustici, di droni o di altra strumentazione fissa in telemisura.

Infine la relazione descrittiva e le schede tecniche, relative ai vari punti (critici, osservazione) indicati nelle cartografie, completano la definizione dello scenario di evento.

2.5. Costruzione dello scenario di Livello 2

La costruzione dello scenario di livello 2 è basata prevalentemente sui risultati derivanti dall'analisi idraulica effettuata su un'area specifica del territorio comunale.

Le informazioni che caratterizzano lo scenario dovranno essere riportate nei seguenti elaborati:

- relazione sullo scenario di evento: descrive in modo dettagliato l'area in cui si analizza lo scenario, l'evento atteso e le sue caratteristiche essenziali;
- carte dello scenario di evento: riportano, ad una scala di dettaglio (sulla carta tecnica regionale o su altra carta tematica equivalente, oppure su ortofoto):
 - delimitazione delle aree inondabili (risultanti dalla simulazione idraulica) e confronto con le aree vulnerabili individuate al livello 1,
 - zonazione delle aree inondabili (in base ai valori di intensità della corrente, vedi tab. 3),
 - punti critici (costituiscono l'aggiornamento/revisione rispetto ai punti individuati a livello 1)
- schede descrittive con le informazioni di dettaglio relative ai punti critici individuati (anche ex novo) per lo scenario.

La costruzione dello scenario di evento, di livello 2, è realizzata in parte a scala comunale ed in parte su una porzione specifica dell'area vulnerabile individuata a livello 1.

L'analisi a scala comunale è riferita alla sola verifica dei PCP e alla redazione, ove la criticità risulti confermata, della relativa scheda descrittiva.

Per la realizzazione delle carte tematiche relative allo scenario di evento sarà necessario disporre di strati informativi, da utilizzare con opportuni software, anche di tipo GIS, che consentono di descrivere sia il territorio che gli altri elementi dello scenario in modo chiaro ed efficace.

Di seguito vengono elencati gli strati informativi, utili per la costruzione degli scenari di evento livello 2:

1. Documenti di base:
 - Modelli digitali del terreno (DEM) alla risoluzione di 1 m – 2m. Nel caso non fosse disponibile un DEM con questa risoluzione si può utilizzare il modello con risoluzione di 5m;
 - La carta tecnica regionale (CTR);
 - Gli altri strati informativi già elaborati nell'analisi di livello 1 (aree vulnerabili, PCP, PAV, etc.).
2. Strati informativi relativi alle simulazioni idrauliche:
 - Superficie dell'area inondabile;
 - Tiranti idrici valutati nell'area inondabile;
 - Velocità della corrente valutata nell'area inondabile;
 - Prodotto VH nell'area inondabile.

Questi ultimi 3 strati informativi è preferibile che siano tutti in formato raster e con la medesima risoluzione spaziale.

3. Rilievi topografici di dettaglio:

- Rilievi delle opere idrauliche e dei manufatti presenti nell'area in cui si applica la modellistica bidimensionale.
- Rilievi di sezioni fluviali (qualora disponibili, non da realizzare ex novo).

Il rilievo di manufatti e di opere idrauliche presenti è di fondamentale importanza per la corretta esecuzione dell'analisi idraulica. Qualora tale informazione non fosse già disponibile, sarà necessario provvedere, anche in modo speditivo, attraverso sopralluoghi mirati ad una loro caratterizzazione geometrica che consenta di identificarne la geometria essenziale. Tale informazione potrà essere utilizzata anche per la verifica dei PCP.

Per completare la costruzione dello scenario di evento è necessario procedere all'integrazione e all'aggiornamento dei punti di osservazione interni alle aree di livello 2. Questi saranno individuati mediante appositi sopralluoghi e privilegeranno l'osservazione di aree o punti di particolare interesse per l'evoluzione del fenomeno (ad esempio l'imbocco dei tratti tombati o il tirante idrico raggiunto in prossimità di un tratto di argine, etc.). Ovviamente anche questi punti devono essere sicuri e raggiungibili in sicurezza.

Infine la redazione della relazione descrittiva e la compilazione delle schede tecniche, relative ai vari punti (critici, osservazione) indicati nelle cartografie, completano la definizione dello scenario di evento. Per la descrizione di tali schede si rimanda all'allegato 1 del rapporto A41_LG2.

La costruzione dello scenario di livello 2 prevede l'applicazione di modelli di simulazione sia idrologica che idraulica. Di seguito si riporta un'indicazione dei software utilizzabili per la modellistica.

Per la simulazione idrologica è necessario applicare un modello di trasformazione afflussi-deflussi che fornisca l'idrogramma corrispondente ad un assegnato evento meteorico con un determinato tempo di ritorno (500 anni). Ad esempio si può applicare il modello idrologico HEC-HMS.

Per la simulazione idraulica è necessario applicare un modello di calcolo bidimensionale che consenta di ricostruire l'andamento dei tiranti e delle velocità sia all'interno dell'alveo che nell'area inondata. A questo scopo si può utilizzare il modello idraulico HEC-RAS.

In entrambi i casi si tratta di modelli di libero utilizzo e concessi in uso dal corpo degli ingegneri dell'esercito degli Stati Uniti, Hydrologic Engineering Center ("HEC"). Si scaricano da internet e sono di facile utilizzazione, ampiamente diffusi nelle pratiche applicazioni e forniscono, nella gran parte dei casi, risultati accettabili.

2.6. Costruzione dello scenario di Livello 3

La scelta dei modelli idrologici e idraulici da utilizzare al terzo livello può essere la più varia, anche in dipendenza dei modelli disponibili o che, comunque, il Comune ritiene più affidabili. In ogni caso dovrebbero

fornire prestazioni non inferiori a quelle dei modelli suggeriti per il livello 2. In particolare nel caso in cui l'analisi di livello 3 sia suggerita dall'esigenza di valutare gli effetti che una possibile crisi del reticolo idrografico (rottura argini, ecc.) conviene utilizzare la stessa modellistica adottata al livello 2 in modo da rendere omogenei gli output (senza e con malfunzionamento) e favorire il confronto.

Le ipotesi da adottare per verificare gli effetti di un inadeguato funzionamento del reticolo idrografico si devono basare su un'analisi attenta dei punti critici presenti, scegliendo quelli che appaiono più esposti e che potrebbero provocare conseguenze particolarmente gravi.

Un ulteriore elemento di approfondimento può, infine, riguardare l'acquisizione di un rilievo topografico affidabile che preveda un numero congruo di sezioni trasversali, georeferenziate, rilevate in sito.

3. Scenario di evento per le frane

3.1. Considerazioni preliminari

Anche per le frane è possibile sviluppare un'analisi di scenario con diversi livelli di approfondimento, per ognuno dei quali saranno curati, con diverso dettaglio, gli aspetti relativi alle caratteristiche del fenomeno considerato. Come per le inondazioni si assumono un primo livello di base (o speditivo), un secondo livello intermedio ed un terzo livello sviluppato al massimo dettaglio disponibile. In generale il primo livello riguarda l'intero territorio comunale, i successivi si limitano ad analizzare un numero limitato di fenomeni franosi di particolare pericolosità o versanti che per la loro instabilità e le conseguenze che si potrebbero determinare meritano particolare attenzione.

Le differenze tra i tre livelli riguardano:

- a) la delimitazione delle aree vulnerabili,
- b) la intensità (o magnitudo) dei fenomeni temuti,
- c) i punti critici.

Nel seguito per ciascun livello sono riportati i contenuti minimi della carta degli scenari di evento di frana (paragrafi 3.2, 3.3, 3.4) e alcune indicazioni di dettaglio sulle tecniche da utilizzare (paragrafi 3.5, 3.6).

Anche in questo caso, qualora le informazioni siano disponibili o facilmente reperibili, una carta di scenario può contenere anche elementi propri del livello superiore di analisi.

3.2. Livello 1 o speditivo

Negli elaborati di livello 1 dovranno essere riportate almeno le seguenti informazioni:

a) Delimitazione aree vulnerabili

Comprende le aree già perimetrate e validate in documenti ufficiali. Le fonti principali sono:

- ✓ PAI;
- ✓ IFFI;
- ✓ Documenti tecnici regionali o subregionali tipo Piano di coordinamento territoriale, Piano Provinciale di previsione e prevenzione, ecc.;
- ✓ Documenti tecnici comunali tipo Piani urbanistici di vario livello;
- ✓ Piano di protezione civile (o di emergenza) comunale;
- ✓ Aree storicamente interessate da frane;
- ✓ Altri documenti ufficiali validati.

La delimitazione delle aree vulnerabili è data dall'involuppo di tutti gli strati informativi provenienti dalle diverse fonti. Come nel caso delle inondazioni non è necessario a questo livello distinguere tra le diverse

tipologie. Dovrà essere considerato non solo il corpo della frana ma anche le zone di propagazione, di retrogressione e di espansione laterale dei singoli movimenti franosi, identificate anche con metodi speditivi.

Qualora risulti già formalmente adottata dalle amministrazioni competenti una mappa della suscettività a franare, è possibile integrare la carta degli scenari con le informazioni relative alla suscettività, che dovrà, comunque, essere rappresentata in maniera differenziata.

b) Intensità dei fenomeni

Gli scenari di primo livello si limitano a individuare le aree censite come franose o suscettibili a franare, senza alcuna valutazione circa la loro magnitudo. Non si dispone, infatti, salvo eccezioni di una stima della dimensione e della velocità dei movimenti. È tuttavia possibile, ove emerga dai documenti disponibili una tipizzazione omogenea dei diversi fenomeni differenziarli in due o tre classi. Si possono, ad esempio, evidenziare i crolli e le colate rapide di fango per l'estrema velocità con la quale si muovono dal momento del distacco a quello dell'impatto.

c) Punti critici

Le tipologie di punti critici sono quelle indicate nella tabella 4.

Fessure su edifici e strutture
Fratture del terreno
Zone di infiltrazione
Opere di contenimento in cattivo stato
Opere di drenaggio malfunzionanti
Incisioni erosive (Gullies)
Ruscellamento di flussi concentrati provenienti dai sistemi di smaltimento delle strade
Acquedotti interessati (o che attraversano) aree in frana

Tabella 4 - Punti critici per lo scenario di evento frana

Al primo livello possono essere identificati solo alcuni di essi, essendo necessari, per gli altri punti, dati di solito non disponibili.

Pertanto lo scenario di primo livello si limiterà a riportare come punti critici i tratti di strada e gli edifici interessati dalle frane, più eventuali altre informazioni disponibili.

L'estensione territoriale su cui sviluppare lo scenario di livello 1 è pari all'intera superficie comunale.

3.3. Livello 2 o intermedio

L'implementazione dello scenario di livello 2 avviene su una porzione limitata del territorio comunale che per condizioni di stabilità e presenza di criticità appaiono a maggiore rischio. Anche la carta di secondo livello dello scenario di evento frana prevede:

a) Delimitazione delle aree vulnerabili

I movimenti franosi ritenuti di maggiore interesse ai fini della protezione civile sono analizzati attraverso indagini geologiche-geomorfologiche di tipo speditivo, effettuate in campo e corredate, ove necessario, da limitate prove in sito o in laboratorio. Sono da prevedere anche indagini mirate, volte a recuperare la documentazione tecnico scientifica disponibile. Il risultato atteso è una delimitazione più precisa delle aree vulnerabili e una caratterizzazione dei principali fenomeni in termini di dimensione e velocità.

b) Intensità dei fenomeni

In base alla dimensione e alla velocità dei movimenti si può procedere ad una zonazione per classi di magnitudo, utilizzando un approccio qualitativo del tipo di quello messo a punto, in ambito PON R&C, nel progetto Lewis, che prevede tre classi di magnitudo (vedi Appendice 3). In sintesi, tutti i fenomeni presenti nell'area considerata al secondo livello di analisi sono rappresentati semplicemente con una diversa colorazione a seconda della classe di magnitudo nella quale ricadono.

Si può ovviamente ricorrere ad altri approcci ritenuti idonei, purché la zonazione risulti molto semplice e indichi un numero molto limitato di classi, da rappresentare cartograficamente senza dettagli inessenziali.

c) Localizzazione dei punti critici

Attraverso le indagini in sito di cui al punto a) devono essere identificate, nella zona interessata dall'analisi di livello 2, tutti i punti critici elencati nella tabella 4, che è possibile identificare nell'ambito delle analisi di campo. Per ciascun punto si deve redigere la scheda descrittiva riportata nell'allegato 1 del rapporto A41_LG2.

3.4. Livello 3 o di dettaglio

Lo scenario di livello 3 potrà essere sviluppato solo per aree molto limitate che comprendono fenomeni di grande rilevanza in termini di effetti che potrebbero determinarsi sulle persone e sui beni. Al limite il livello 3 può riguardare un solo movimento franoso di grande rilevanza.

L'estensione al livello 3 comprende:

a) Delimitazione aree vulnerabili

Il livello 3 riguarda solo un piccolo numero di movimenti franosi, per i quali è necessario costruire un modello geologico-geomorfologico più dettagliato, attraverso adeguate indagini e rilievi di campagna, prove in sito e in laboratorio. La tipologia delle indagini e il livello di approfondimento sono diverse da caso a caso, ma comprendono almeno: un rilievo geologico e geomorfologico di grande dettaglio, uno studio idrologico-idraulico a scala di versante, sondaggi, indagini di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

L'obiettivo è:

- la costruzione di un modello geologico che riporti almeno l'inquadramento dell'area di interesse a scala regionale, le litologie in affioramento, le strutture e discontinuità e loro connessioni con i processi in atto, i principali elementi morfologici, le coperture colluviali, eluviali e residuali, il grado di alterazione dell'ammasso, i sistemi di discontinuità;
- la costruzione di un modello geotecnico i cui elementi essenziali sono:
 - sezione rappresentativa;
 - profilo topografico;
 - rapporti stratigrafici;
 - parametri geotecnici rappresentativi;
 - caratteri cinematici;
 - superficie/i di rottura;
 - regime delle pressioni neutre;
- la caratterizzazione dei movimenti franosi con:
 - dimensioni della frana;
 - caratteristiche dei materiali coinvolti;
 - caratteristiche cinematiche;
 - meccanismi di innesco;
 - modalità di evoluzione.

L'esito di questa attività consente di effettuare una più puntuale delimitazione delle aree vulnerabili e, in particolare, delle zone di propagazione, retrogressione ed espansione laterale, potenzialmente interessate dal movimento e di fornire elementi più puntuali per caratterizzare i movimenti in termini di intensità e per una più affidabile identificazione dei punti critici.

b) Intensità dei movimenti

In base ai risultati di cui al punto a) è possibile valutare l'intensità dei fenomeni attesi con maggiore dettaglio e una loro più sicura collocazione in una classe di intensità. La carta prodotta al terzo livello dovrà contenere anche l'informazione acquisita ai livelli precedenti su aree più estese, evidenziando con opportuna grafica qual è il livello di analisi adottato per le diverse zone.

c) Punti critici

L'integrazione dei punti critici deriva anch'essa dagli approfondimenti di cui al punto a).

3.5. Costruzione dello scenario di livello 1

Anche per il caso delle frane la costruzione dello scenario di livello 1 è basata sull'utilizzo e l'analisi dell'informazione esistente, con una limitata attività integrativa. I dati, reperiti presso le varie fonti ufficiali, dovranno essere elaborati e/o trasformati in formato digitale (qualora già non lo siano) per essere impiegati nella stesura degli elaborati dello scenario.

Le informazioni che caratterizzano lo scenario dovranno essere riportate nei seguenti elaborati:

- relazione sullo scenario di evento: descrive in modo sintetico lo scenario di evento atteso, indicandone le caratteristiche essenziali;
- carte dello scenario di evento: riportano, ad una scala non inferiore al 10.000, sulla carta tecnica regionale o su altra carta tematica equivalente oppure su ortofoto: delimitazione delle aree vulnerabili, loro eventuale zonazione, punti critici, punti di osservazione, così come indicato al precedente punto 3.1;
- schede descrittive con le informazioni essenziali relative ai punti critici e di osservazione individuati per lo scenario.

Per la realizzazione delle carte tematiche sarà necessario disporre di strati informativi, da utilizzare tramite opportuni software, anche di tipo GIS, che consentono di descrivere sia il territorio che gli altri elementi dello scenario in modo chiaro ed efficace.

Negli elaborati costituenti lo scenario di livello 1 dovranno essere riportate le seguenti informazioni:

- perimetrazione delle aree vulnerabili, desunta dagli elaborati del PAI, da censimenti effettuati a scala locale, regionale o nazionale come il progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, realizzato dall'ISPRA), da studi specialistici, da strumenti di pianificazione territoriale a varie scale. La perimetrazione sarà data dall'involuppo degli areali individuati nei vari strati informativi utilizzati. In analogia a quanto già detto per il caso delle inondazioni, l'involuppo delle aree in frana individuate dovrà convergere verso un'unica modalità di rappresentazione costituita da una sola simbologia;
- punti critici, cioè i punti che consentono di valutare l'innescò e l'evoluzione del fenomeno, come quelli indicati in tabella 4. Al primo livello si riportano come punti critici solo i tratti di strada e gli edifici interessati dalle frane. Altri punti quali, ad esempio, fratture nelle zone di potenziale distacco, lesioni nelle strutture che insistono sul corpo franoso, solchi erosivi, zone nelle quali l'infiltrazione

- delle acque piovane può risultare rilevante etc., potranno essere inseriti nello scenario solo ai livelli successivi ed in seguito a specifiche campagne d'indagine;
- punti di osservazione dai quali è possibile osservare in sicurezza l'evoluzione del fenomeno e/o procedere alla lettura di strumenti di monitoraggio che non operano in telemisura (inclinometri, estensimetri, ecc.).

La realizzazione delle cartografie dello scenario di evento di frana di livello 1, prevede che venga considerata non solo la perimetrazione del corpo di frana ma anche una possibile zona di propagazione (figura 1). Tale zona è da valutare con attenzione, soprattutto per quei tipi di fenomeni caratterizzati da elevata velocità e notevole distanza di percorrenza (ad esempio *debris flows* e/o frane da crollo). Nella definizione dell'area di propagazione si deve tener conto non solo dell'area di propagazione, ma anche di quella di retrogressione e di eventuali aree connesse all'espansione laterale del fenomeno franoso.

In letteratura vengono presentati modelli fisici per calcolare le distanze di propagazione di diversi tipi di frana (Miao et al., 2001); altri approcci sono di tipo empirico, correlando, ad esempio, le dimensioni della frana alle condizioni topografiche (Corominas, 1996; Rickenmann, 1999; McClung, 2001; Versace, 2005).

Per quanto riguarda la previsione dei limiti di retrogressione, essa si effettua essenzialmente attraverso il rilievo sul terreno. In alcuni casi, il limite massimo di retrogressione può essere posto lungo la linea dello spartiacque, anche se spesso risulta troppo cautelativo. Una procedura molto semplice è quella di seguito illustrata.

Essa consente attraverso l'uso del Modello Digitale del Terreno, del perimetro di frana e della sua tipologia di definire l'areale che meglio approssima la possibile evoluzione delle frane rilevate.

Questa procedura (denominata anche *buffer-affinity*), consente di generare come output un nuovo dataset (l'area di espansione o propagazione della frana in oggetto) di tipo vettoriale con le seguenti caratteristiche geometriche:

- Include sempre l'elemento geometrico da cui è stata generata, cioè il perimetro di frana;
- La geometria è scalata secondo due direzioni preferenziali rispetto al perimetro di frana: 30% lungo la direzione di scorrimento e/o scivolamento potenziale (height) e del 15% lungo la direzione di massima ampiezza/larghezza (width).

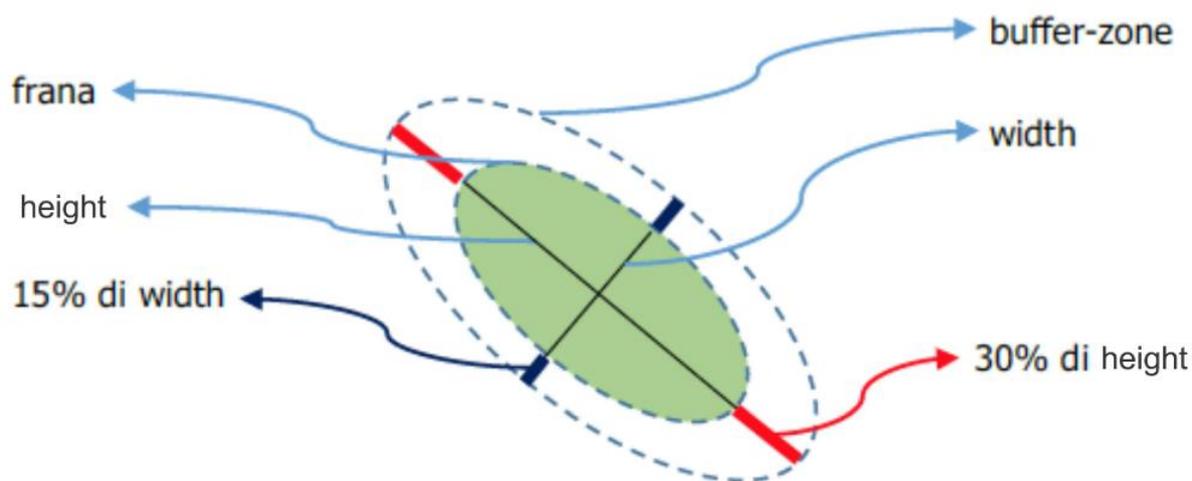


Figura1: Schema esemplificativo dell'area delimitata con la buffer-affinity.

La buffer-affinity genera inoltre un nuovo dataset come output, costituito da elementi vettoriali lineari, che rappresentano la direzione ed il verso presunto di scorrimento e/o scivolamento delle frane rilevate.

Per il calcolo della direzione o verso di scorrimento presunto si applica una procedura che consente di effettuare un'analisi morfologica, limitata al perimetro dell'areale di frana. L'analisi consiste nel calcolare, per alcuni punti di controllo che ricadono all'interno del perimetro di frana ed in particolare lungo l'asse di maggiore estensione, le quote altimetriche ricavate dal Modello Digitale del Terreno, da cui risulta possibile calcolare successivamente la direzione di massima pendenza.

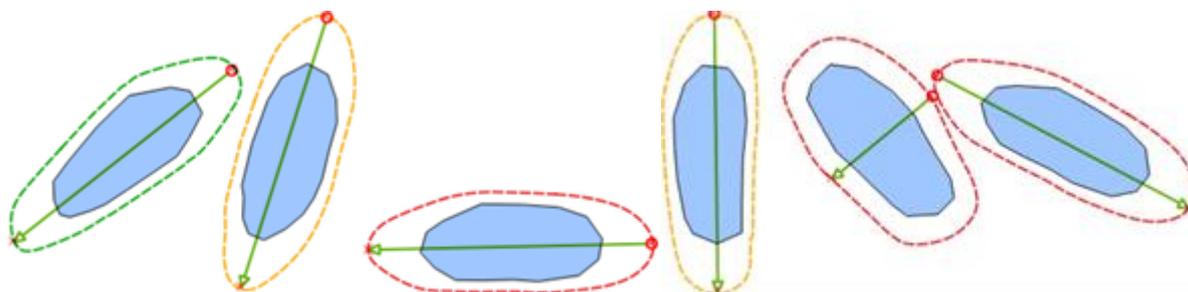


Figura 2: Le aree tratteggiate rappresentano la buffer zone, le frecce la direzione presunta di scorrimento e/o scivolamento della frana

Nell'applicazione ai casi di studio la procedura fin qui descritta può essere eseguita attraverso una serie di operazioni automatizzate, così da ridurre al minimo l'interazione con l'operatore. Inoltre la buffer zone che si va a delineare può essere adattata alle diverse tipologie di frana (scorrimenti, colate, etc.) agendo sulla dimensione percentuale degli incrementi che si ipotizzano lungo le due direzioni principali (height e width, figura 2) del perimetro della frana.

Per le colate una stima preliminare dell'area di invasione può essere fatta utilizzando la relazione, ricavata per le colate di fango di Sarno del 1998: $L = H \log V$.

Dove H (m) è l'altezza sommitale della nicchia di distacco, L (m) è la proiezione orizzontale della massima distanza di propagazione, V (m^3) è il volume del materiale mobilitato.

Per quanto riguarda l'intensità a questo livello può essere sufficiente riportare tutte le frane con una grafica unitaria, differenziando solo il corpo dalle zone di possibile espansione.

Infine, per individuare i punti critici è sufficiente incrociare il layer con le impronte delle frane con quello della rete viaria e ferroviaria e con quello degli edifici, evidenziando i tratti stradali e ferroviari e gli edifici che ricadono nel perimetro dei movimenti franosi.

3.6. Costruzione degli scenari di livello 2 e 3

Come già evidenziato nei paragrafi 3.3 e 3.4 la delimitazione delle aree vulnerabili è frutto di specifiche indagini che al livello 2 si limitano a rilievi di campo, eventualmente integrati da un numero limitato di sondaggi, mentre a livello 3 comprendono sondaggi, prove di laboratorio e in sito, la realizzazione di modelli geologici e geotecnici, le cui caratteristiche possono variare da caso a caso. Per entrambi i livelli il risultato atteso è una più puntuale delimitazione delle aree vulnerabili, una più precisa valutazione dell'intensità dei fenomeni, una più approfondita analisi dei punti critici.

In particolare passando ai successivi livelli è possibile correlare le osservazioni effettuate nei punti critici con ragionevoli ipotesi di effettiva mobilitazione dei versanti, identificando uno o più valori soglia delle grandezze osservate nei punti critici, il cui superamento segnala una probabilità elevata che un fenomeno possa attivarsi.

4. Applicazione ai casi di studio

Le procedure descritte nei precedenti paragrafi sono state applicate ad alcuni casi di studio nelle regioni interessate dal progetto.

In particolare è stata sviluppata l'analisi di livello 1 per tutti i comuni identificati come casi di studio, di seguito elencati e suddivisi per tipologia di fenomeno analizzato "alluvione" e/o "frane".

Regione	Tipologia di fenomeno	Comune	Documenti prodotti casi di studio
Basilicata	Alluvione	Pisticci	A32_LG4 - Caso di studio Pisticci (alluvione)
	Frane	Lauria	A32_LG4 - Caso di studio Lauria (frane)
Calabria	Alluvione	Reggio Calabria	A32_LG4 - Caso di studio Reggio Calabria (alluvione)
	Frane	San Vincenzo la Costa	A32_LG4 - Caso di studio San Vincenzo la Costa (frane)
Campania	Alluvione	Benevento	A32_LG4 - Caso di studio Benevento(alluvione)
	Alluvione	Castellammare di Stabia	A32_LG4 - Caso di studio Castellammare di Stabia (alluvione)
	Alluvione	Nocera inferiore	A32_LG4 - Caso di studio Nocera Inferiore (alluvione)
	Frane	Benevento	A32_LG4 - Caso di studio Benevento(frane)
	Frane	Castellammare di Stabia	A32_LG4 - Caso di studio Castellammare di Stabia (frane)
Puglia	Alluvione	Castellaneta	A32_LG4 - Caso di studio Castellaneta (alluvione)
	Alluvione	Molfetta	A32_LG4 - Caso di studio Molfetta (alluvione)
	Alluvione	Peschici	A32_LG4 - Caso di studio Peschici (alluvione)
Sicilia	Alluvione	Palermo	A32_LG4 - Caso di studio Palermo (alluvione)
	Frane	Centuripe	A32_LG4 - Caso di studio Centuripe (frane)

Tabella 5 - Elenco casi di studio

Fra i casi di studio elencati, a differenza di altri che presentano un buon livello di approfondimento, alcuni di essi hanno uno sviluppo più basilare, ad esempio quello di Castellaneta.

Nei comuni di Pisticci, Reggio Calabria, Molfetta, Peschici sono stati effettuati una serie di sopralluoghi, prima dell'emergenza covid, insieme al personale messo a disposizione dal comune.

Per il comune di Pisticci i sopralluoghi sono stati effettuati per verificare ed individuare ulteriori criticità ed elementi vulnerabili, presenti nelle aree vulnerabili definite nello scenario di evento. Complessivamente sono stati rilevati 52 punti critici lungo i Fiumi Basento e Cavone.

Per il comune di Molfetta l'attività di sopralluogo ha consentito di valutare una serie di aspetti: 1. verifica dei punti critici individuati all'interno del Piano di Protezione civile Comunale; 2. individuazione di ulteriori punti critici; 3. Verifica della presenza di punti di osservazione strumentale, censiti nel PPC comunale; 4. Individuazione di sottopassi non noti.

Per i comuni di Peschici e Castellaneta l'attività di sopralluogo ha consentito di verificare e di individuare i punti critici noti, la localizzazione di punti di osservazione strumentale e soprattutto la presenza di interventi di sistemazione effettuati a seguito delle recenti alluvioni.

Per il comune di Reggio Calabria l'attività di sopralluogo (svolta in più riprese) ha consentito di valutare una serie di aspetti: 1. verifica dei punti di attenzione individuati all'interno del PAI; 2. individuazione di punti critici; 3. Verifica della presenza di punti di osservazione strumentale; 4. Individuazione di sottopassi non noti; 5. rilievi speditivi delle opere presenti lungo il tratto terminale della Fiumara di Gallico e Fiumara Valanidi.

Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni di accompagnamento dei singoli casi di studio.

L'individuazione dei PCP, come riportato nelle linee guida, è stata effettuata per tutti i casi di studio. La successiva verifica dei punti individuati è stata effettuata solo parzialmente per le note vicende pandemiche. Solo alcuni dei PCP (verificati tramite immagini da piattaforma GE) sono stati valutati e nel caso sono stati trasformati in PCN. I restanti PCP non hanno subito modifiche e sono riportati tal quali sulle tavole.

Gli elaborati cartografici prodotti per gli scenari di evento e di rischio alluvione, per tutti i casi di studio, comprendono i contenuti minimi di seguito elencati.

Per lo scenario di evento:

- Limite comunale;
- Rete viaria (classificata, se possibile);
- Reticolo idrografico (classificato secondo l'ordine di Horton, dove presente)
- Edificato;
- Aree vulnerabili (area rossa, ovvero il perimetro delle aree inondate);
- Punti critici noti (desumibili dal piano di protezione civile comunale o da sopralluoghi);
- Punti di osservazione (diretta e strumentale);
- Punti critici possibili;

Per lo scenario di rischio:

- Limite comunale;
- Rete viaria (classificata, se possibile);
- Reticolo idrografico (classificato secondo l'ordine di Horton, dove presente)
- Edificato;
- Aree vulnerabili (area rossa, ovvero il perimetro delle aree inondate);
- Punti ad altissima vulnerabilità:

Per quanto riguarda la costruzione degli scenari di evento e di rischio frane, sono stati apportate delle piccole variazioni rispetto alla procedura standard, descritta in precedenza. Si è convenuto nel considerare come punti critici, tutti i tratti stradali/ferroviari e gli edifici che ricadono nelle aree vulnerabili. A valle di questa

semplificazione, non disponendo di studi specifici o sopralluoghi che consentono di definire i PAV, tutti i punti critici dello scenario di evento si trasformano in PAV oltre agli edifici sensibili e alle strutture strategiche che ricadono in aree vulnerabili. Per la costruzione dei due elaborati cartografici sono stati definiti i contenuti minimi di seguito elencati.

Per lo scenario di evento:

- Limite comunale;
- Rete viaria (classificata, se possibile);
- Edificato;
- Aree vulnerabili (area rossa, ovvero il perimetro delle aree in frana e dei relativi buffer);
- Punti critici da inserire nello scenario di evento sono di due tipi:
 - tratti ferroviari e stradali che sono interessati da frane;
 - edifici interessati da frane;

Per lo scenario di rischio:

- Limite comunale;
- Rete viaria (classificata, se possibile);
- Edificato;
- Aree vulnerabili (da considerare come inviluppo di tutte le aree vulnerabili individuate);
- Punti ad altissima vulnerabilità:
 - Tutti i punti critici dello scenario di evento si trasformano in PAV;
 - Tutti gli edifici sensibili e le strutture strategiche che ricadono nelle aree vulnerabili perimetrate nello scenario di evento.

Per quanto riguarda lo scenario di alluvione, in merito al tracciamento delle aree vulnerabili, non sono state considerate le modifiche intervenute in corso di realizzazione degli elaborati, ovvero l'applicazione delle nuove NAMS del PAI/PGRA. Tali modifiche, che hanno introdotto delle aree vulnerabili molto più estese rispetto a quelle precedentemente individuate dal PAI, fanno parte delle varianti di aggiornamento PAI/PGRA che sono in itinere e non ancora approvate (Misure di salvaguardia collegate alla adozione dei progetti di variante predisposti in attuazione degli aggiornamenti dei PAI alle nuove mappe del PGRA di cui alla delibera Cip n.1 del 20/12/2019).

L'analisi di livello 2 è stata sviluppata per due casi di studio, Centuripe per le frane e Palermo per l'alluvione. Per i dettagli si rimanda agli specifici report prodotti.

Rispetto alle precedenti consegne il lavoro ha interessato un riallineamento (anche lessicale) dei diversi rapporti su casi studio sia fra loro che rispetto alle linee guida.

A causa della situazione pandemica, l'attività di validazione sul territorio (sopralluoghi, raccolta dati, etc.), è stata fortemente limitata e quindi il livello di approfondimento ne ha in parte risentito.

I diversi rapporti su casi studio forniscono il quadro locale delle attività complessivamente svolte ai fini generali della validazione delle linee guida. Al riguardo, l'attuazione delle procedure nelle diverse realtà comunali ha progressivamente fornito evidenze utili anche per l'aggiornamento delle linee guida stesse, le quali hanno ricevuto opportuni seppur limitati cambiamenti in corso d'opera.

L'analisi di livello 3 è stata sviluppata solo per il caso del comune di Reggio Calabria, dove si avevano a disposizione i dati minimi necessari per implementarla (dati topografici di dettaglio derivanti dal Lidar del MATTM e rilievi delle opere effettuati durante i sopralluoghi).

Qui si di seguito si riportano alcune immagini relative all'analisi solta per Reggio Calabria, nel tratto terminale della fiumara di Gallico.

Parametro	Valore	U.M.
Portata-massima	704.294	mc/s
Istante-picco	4.833	ore
Istante-picco	290.0	minuti
Durata-totale-evento	13.167	ore
Volume-afflusso	9432	mc·x·1000
Volume-deflusso	7058	mc·x·1000
Altezza-afflusso	158.199	mm
Altezza-deflusso	118.389	mm
Coeff.-deflusso	0.75	-
Coeff.-udometrico	11.81	mc/s/kmq

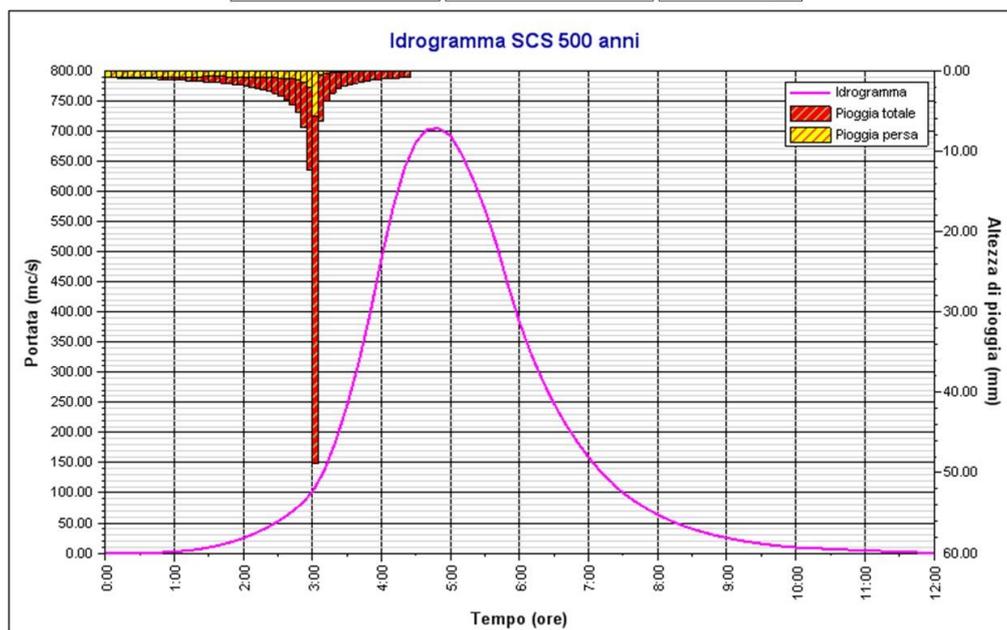


Figura 3: Risultati dell'analisi idrologica. Idrogramma cinquecentennale usato per la simulazione idraulica

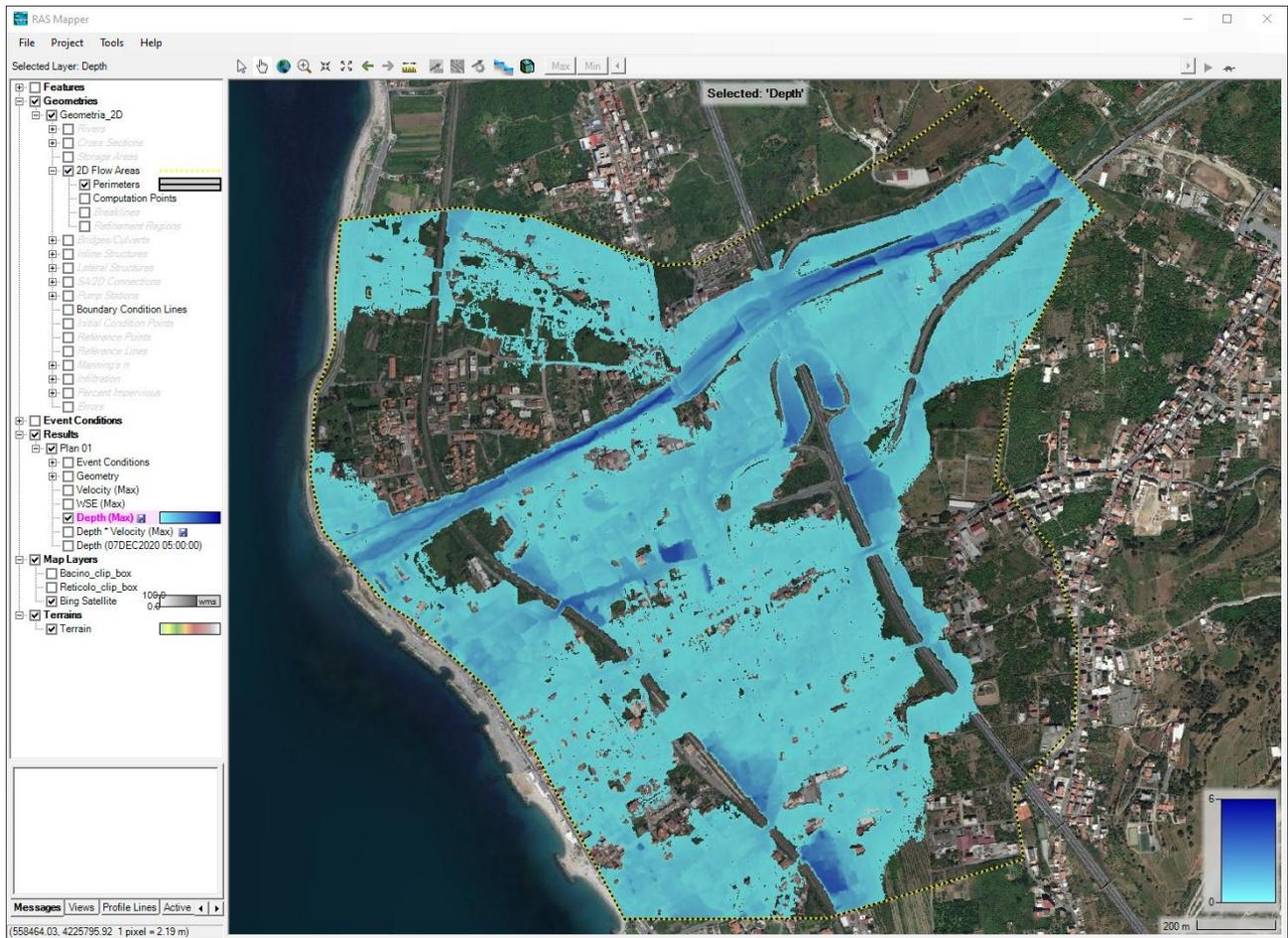


Figura 4: Risultati dell'analisi idraulica. Massimi tiranti registrati nell'area di analisi

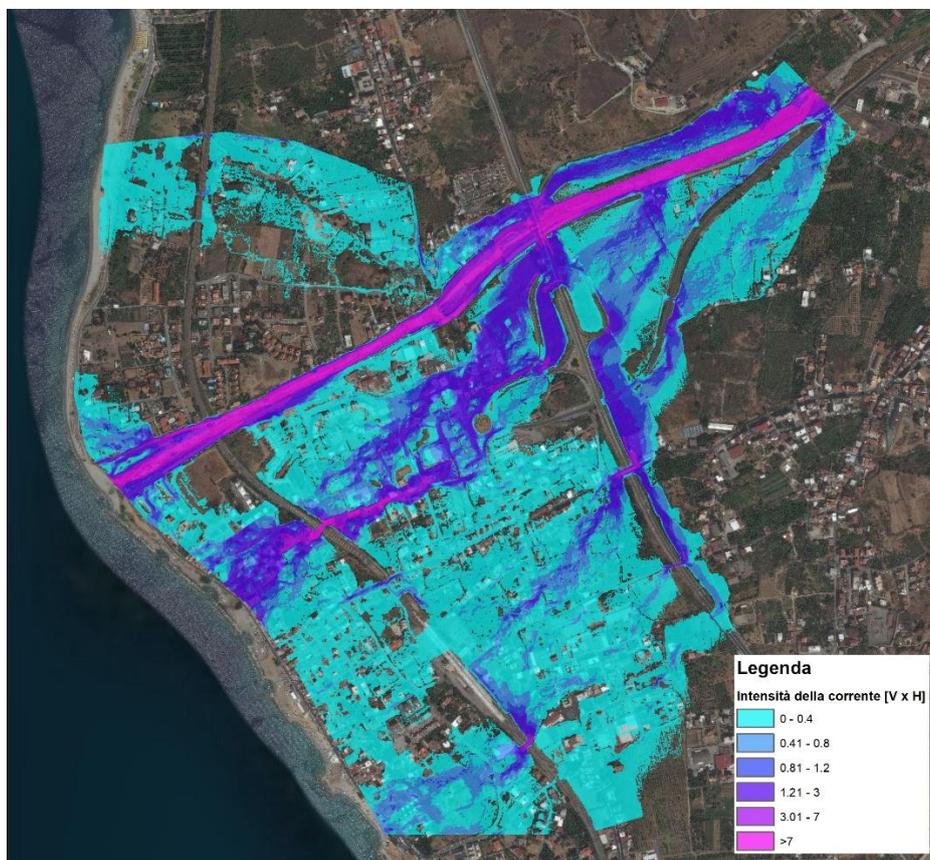


Figura 5: Risultati dell'analisi idraulica. Valori dell'intensità della corrente ($V \times H$)

Per tale livello comunque, non essendo stato possibile effettuare i sopralluoghi e verificare sul campo i risultati delle simulazioni e la validazione dei punti critici, non si è proceduto con la stesura di tutti gli elaborati richiesti dal livello di dettaglio.

A titolo di esempio qui si riportano alcune tavole prodotte per lo scenario di livello 1 per i comuni di Peschici, Reggio Calabria, Benevento, Pisticci, e Nocera inferiore.

I diversi casi di studio sono riportati con il necessario dettaglio nei seguenti allegati del rapporto:

Regione	Documenti prodotti casi di studio	Allegato n°
Basilicata	A32_LG4 - Caso di studio Pisticci (alluvione)	1
	A32_LG4 - Caso di studio Lauria (frane)	2
Calabria	A32_LG4 - Caso di studio Reggio Calabria (alluvione)	3
	A32_LG4 - Caso di studio San Vincenzo la Costa (frane)	4
Campania	A32_LG4 - Caso di studio Benevento(alluvione)	5
	A32_LG4 - Caso di studio Castellammare di Stabia (alluvione)	6
	A32_LG4 - Caso di studio Nocera Inferiore (alluvione)	7
	A32_LG4 - Caso di studio Benevento(frane)	8
	A32_LG4 - Caso di studio Castellammare di Stabia (frane)	9
Puglia	A32_LG4 - Caso di studio Nocera Inferiore (frane)	10
	A32_LG4 - Caso di studio Castellaneta (alluvione)	11
	A32_LG4 - Caso di studio Molfetta (alluvione)	12
Sicilia	A32_LG4 - Caso di studio Peschici (alluvione)	13
	A32_LG4 - Caso di studio Palermo (alluvione)	14
	A32_LG4 - Caso di studio Centuripe (frane)	15

Tabella 6 – Elenco report casi di studio

In ciascuno di essi sono analizzati e discussi sia gli scenari di evento che gli scenari di rischio riguardanti i vari comuni considerati.

Il rapporto è completato dalle seguenti Appendici, già richiamate nel testo:

Titolo	Appendice n°
Criteri per identificare le aree in cui sviluppare scenari di evento di livello superiore al primo	1
Scheda monografica di rilevamento di punto critico	2
Metodo speditivo per la valutazione dell'intensità di un movimento franoso	3

Tabella 7 – Elenco appendici

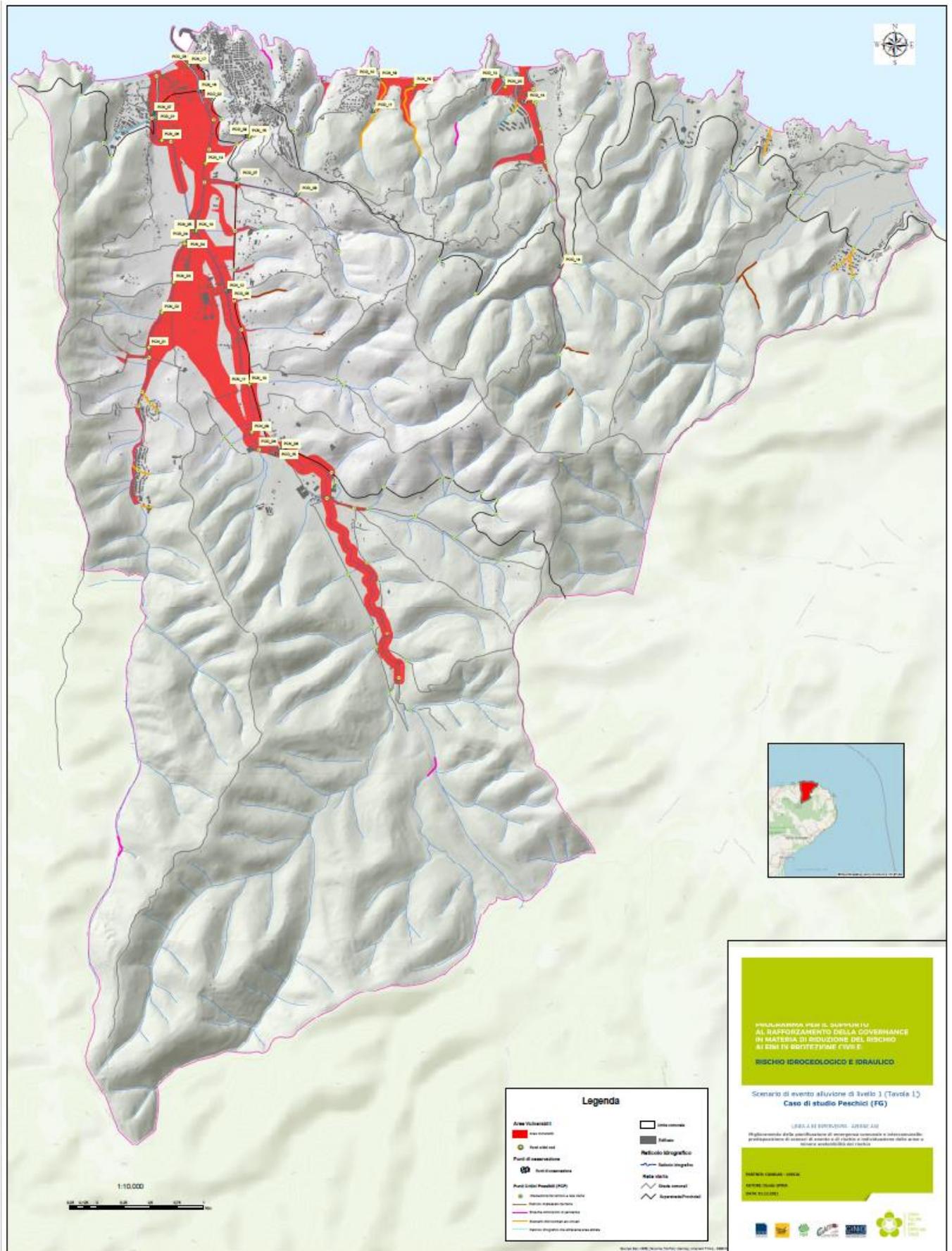
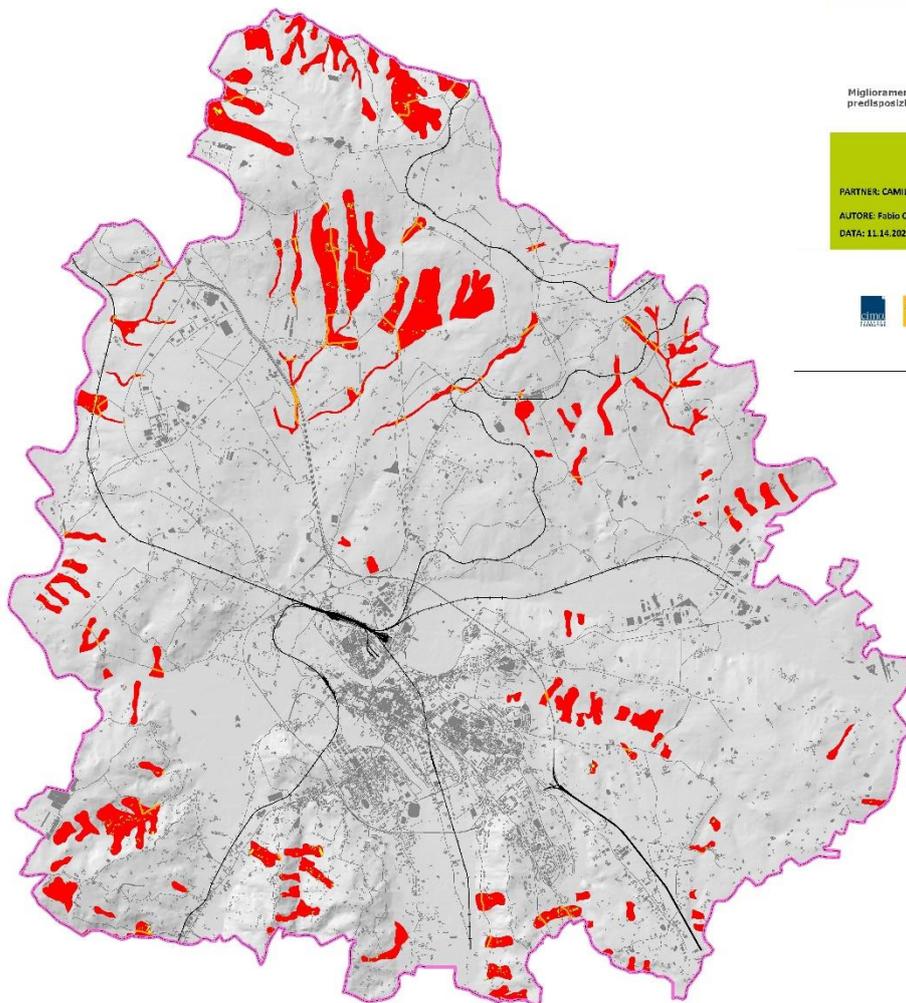


Figura 6: Caso studio Peschici, scenario di evento inondazione. Carta dei punti critici e di osservazione. In rosso sono evidenziate le aree vulnerabili.



- Aree Vulnerabili**
- Aree Vulnerabili
- Punti critici**
- Tratti ferroviari interessati da frane
 - Strade interessate da frane
 - Edifici interessati da frane
- Rete viaria**
- Strade comunali
 - Autostrade / Superstrade
 - Racordi
 - Ferrovia
- Limite comunale



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

RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO

Scenario di evento frana di livello 1
Caso di studio Benevento

LINEA A DI INTERVENTO - AZIONE A32

Miglioramento della pianificazione di emergenza comunale e intercomunale:
predispozione di scenari di evento e di rischio e individuazione delle aree a
minore sostenibilità del rischio

PARTNER: CAMILAS - UNICAL

AUTORE: Fabio CIERVO

DATA: 11.14.2021

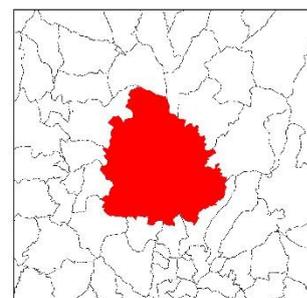


Figura 8: Caso studio Benevento, scenario di evento frana

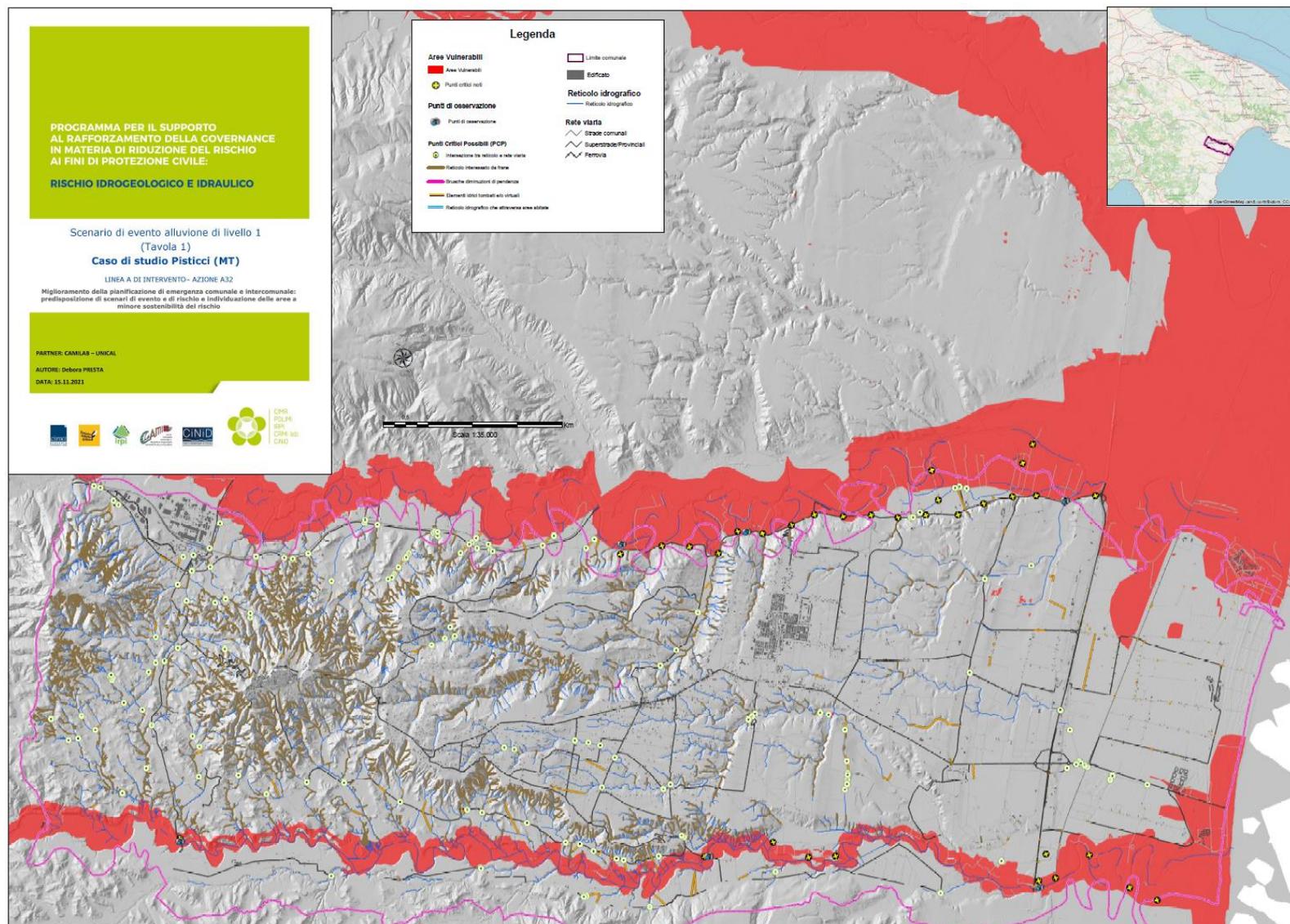


Figura 9: Caso studio Pisticci, scenario di evento inondazione

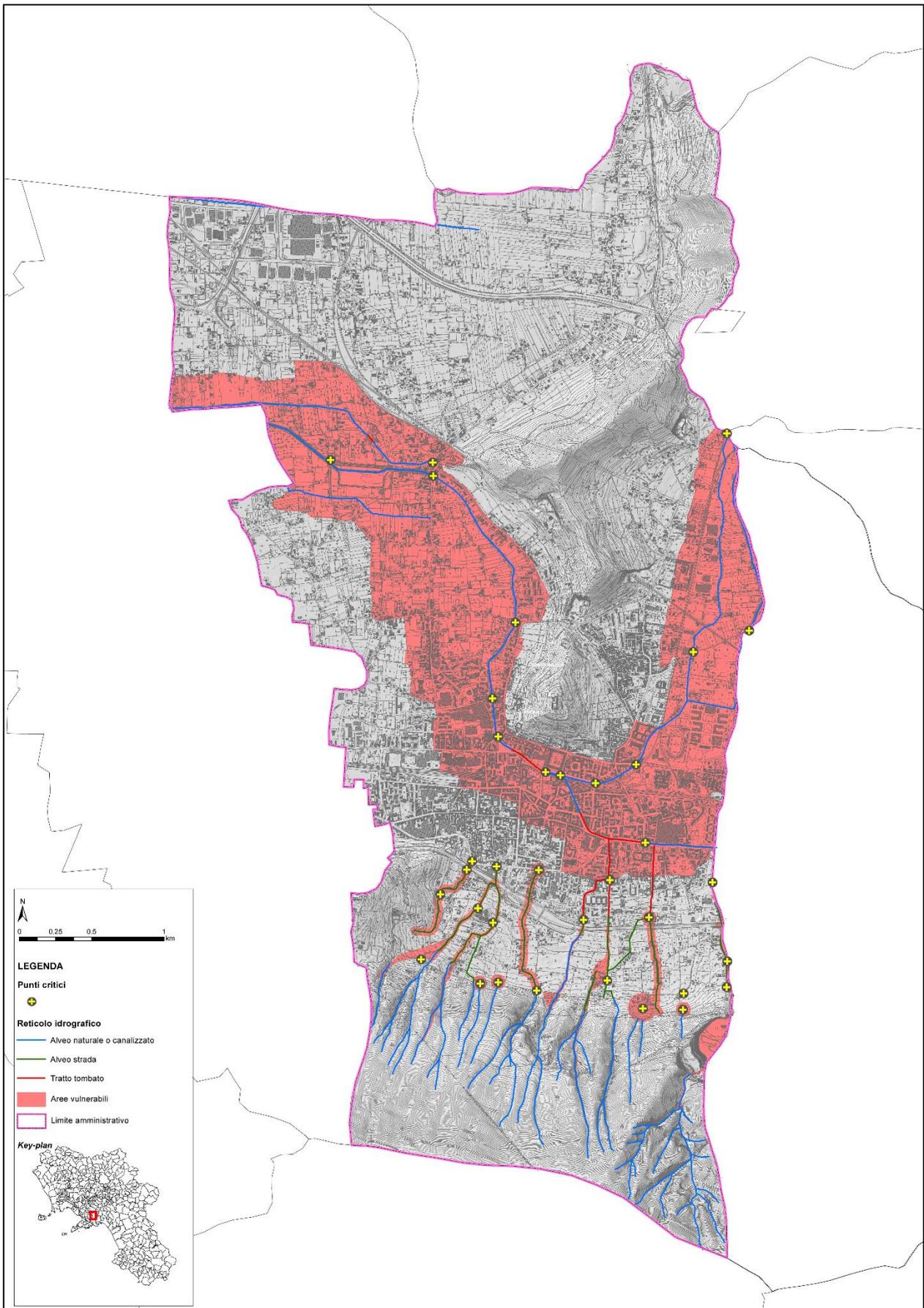


Figura 10: Caso studio Nocera inferiore, scenario di evento inondazione

Appendice 1

Criteria per identificare le aree in cui sviluppare scenari di evento di livello superiore al primo

Questa appendice riproduce i contenuti del documento tecnico A32_DT1 che è uno dei prodotti da sviluppare all'interno della Linea A di intervento, Fase generale 3 "Analisi ed eventuale aggiornamento e implementazione dei Piani di emergenza comunali, intercomunali, sovracomunali e regionali", Azione A32 "Miglioramento della pianificazione di emergenza comunale e intercomunale: predisposizione di scenari di evento e di rischio e individuazione delle aree a minore sostenibilità del rischio".

Per comodità di lettura si è ritenuto di inserire tale documento come appendice delle Linee guida , considerate in questo rapporto.

Nell'appendice sono illustrati i criteri per identificare le aree in cui sviluppare scenari di evento di livello superiore al primo, sia per i fenomeni idraulici (cap. 1) che per le frane (cap. 2).

Indice

1. Livello 2 di analisi – Rischio Idraulico.....	39
1.1. Selezione delle aree oggetto dell’analisi di livello 2.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
1.1.1. La densità abitativa.....	39
1.1.2. La presenza di punti critici.....	40
1.1.3. La presenza di punti ad altissima vulnerabilità	40
1.1.4. La presenza di infrastrutture di trasporto di primaria importanza	40
1.1.5. La presenza di edifici e/o di strutture sensibili o di interesse strategico	41
1.1.6. La vulnerabilità delle persone	42
2. Livello 2 di analisi - Frana.....	43
2.1. Selezione delle aree oggetto dell’analisi di livello 2.....	43
2.1.1. La densità abitativa.....	43
2.1.2. La presenza di punti critici.....	44
2.1.3. Elevata pericolosità da frana	44
2.1.4. Scenari evolutivi	44
3. Livello 3 di analisi.....	49

1. Livello 2 di analisi – Rischio Idraulico

Per uno specifico scenario di evento possono essere individuate una o più aree, di maggiore interesse, dove sviluppare il livello 2 di analisi, seguendo i criteri indicati di seguito.

La procedura è semplice. Si individuano prima le zone che appaiono adatte, per la pericolosità che le contraddistingue, di essere analizzate al secondo livello. Nel seguito le indicheremo come zone da valutare. Attraverso una procedura del tipo di quella descritta in questo rapporto si stabilisce per quale o quali aree è necessario sviluppare un'analisi di livello 2. Naturalmente, se già in fase di esame preliminare appare evidente che la zona da valutare è una sola non si procederà ad alcuna analisi comparativa ma ci si limiterà a valutare l'opportunità di sviluppare per questa unica zona l'analisi di livello 2.

1.1. Selezione delle aree oggetto dell'analisi di livello 2

Per le alluvioni, al livello 2, è prevista l'applicazione di modelli idrologici e idraulici nelle aree vulnerabili, identificate al livello 1, che presentano determinate caratteristiche in termini di densità di popolazione, di modalità di propagazione della corrente, di presenza di punti critici, ecc.

Pertanto sarà necessario prima delineare un quadro di insieme di tutte le zone da valutare che potrebbero essere luogo di applicazione di indagini di livello 2 e poi si effettuerà la scelta delle situazioni più rilevanti.

In particolare dovranno essere individuate le aree per le quali risultano particolarmente elevati:

- la densità abitativa,
- la presenza di punti critici,
- la presenza di punti ad altissima vulnerabilità,
- la presenza di infrastrutture di trasporto di primaria importanza,
- la presenza di edifici e/o di strutture sensibili o di interesse strategico,
- la vulnerabilità delle persone, qualora si disponga di scenari di rischio adeguati.

In tutti i casi la scelta potrà essere effettuata o in modo euristico, sulla base dei criteri sopra accennati, o più dettagliatamente utilizzando una procedura di valutazione quantitativa basata su un approccio tipo QUEST, costruendo un'apposita griglia di indicatori come riportato nel capitolo 3 a titolo di esempio.

1.1.1. La densità abitativa

La densità abitativa (o densità della popolazione) è definita dal rapporto tra la popolazione residente e la superficie (in Km²) del territorio cui si riferisce, e rappresenta una misura della concentrazione di individui in determinato areale. In questo caso specifico il calcolo della densità abitativa deve essere esteso considerando oltre la popolazione residente anche quella non residente ma che può essere presente nel luogo considerato. I dati a cui far riferimento per poter determinare la densità abitativa sono quelli forniti dall'Istat (Istituto Nazionale di Statistica) e disponibili sul sito dell'istituto in varie versioni (report, database, dati in formato

GIS). Con le basi territoriali fornite dall'Istat si riesce agevolmente a calcolare la densità abitativa a scala di cella censuaria. L'indicazione della densità abitativa così desunta deve essere rapportata al valore medio presente sull'intero territorio analizzato al livello 1 (cioè su tutte le aree vulnerabili), in modo da rendere più significativo il confronto tra le diverse zone da valutare.

1.1.2. La presenza di punti critici

I punti critici sono quelli dove il processo inizia o si trasforma o cambia direzione, nonché i punti in cui sono da temere fenomeni localizzati connessi a situazioni specifiche (cantieri, discariche, fonti inquinanti, vegetazione in alveo, ecc).

Nel caso di uno scenario di evento di natura idraulica i punti critici sono quelli indicati nelle Linee guida.

Esistono anche delle situazioni particolari legate a specifiche condizioni morfologiche del territorio, quali quelle tipiche di regioni come la Puglia, che suggeriscono l'inserimento di ulteriori tipologie.

In generale i punti critici nelle aree vulnerabili sono stati già individuati nell'analisi di livello 1. È, pertanto agevole individuare quanti e quali di essi ricadono nelle diverse zone che potrebbero essere interessate ad analisi di livello 2. Il numero e la tipologia di questi punti, censiti per ognuna delle aree identificate preliminarmente, costituirà un indicatore da utilizzare nella fase di scelta.

1.1.3. La presenza di punti ad altissima vulnerabilità

I punti ad altissima vulnerabilità individuano gli oggetti nei quali la vulnerabilità delle persone è elevata, oppure dove si concentrano persone particolarmente vulnerabili. Per il caso di inondazione i PAV sono quelli considerati all'interno dello scenario di livello 1.

Anche in questo caso il numero dei punti censiti, per ognuna delle zone da valutare, costituirà un indicatore da utilizzare nella fase finale di scelta.

1.1.4. La presenza di infrastrutture di trasporto di primaria importanza

Nella categoria delle infrastrutture di trasporto per uno scenario di evento di inondazione sono comprese la rete per il trasporto stradale e quella per il trasporto ferroviario. Tra queste possono essere considerate di primaria importanza:

- Autostrade;
- Strade statali;
- Strade provinciali;
- Strade urbane di scorrimento o superstrade;
- Tracciati ferroviari incluse stazioni.

Ai fini della classificazione delle aree sarà sufficiente considerare la presenza di una o più delle tipologie sopra elencate.

1.1.5. La presenza di edifici e/o di strutture sensibili o di interesse strategico

I principali Punti Sensibili e i Punti Strategici, per come definiti dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21 ottobre del 2003 (DPC) Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica» possono essere così distinti:

- SENSIBILI
 - Sale congressi
 - Palazzi dello Sport
 - Palestre
 - Centri commerciali/attività commerciali ospitanti un gran numero di persone
 - Centri di aggregazione per anziani
 - Centri ricreativi per bambini
 - Università
 - Parcheggi di grandi dimensioni
 - Impianti chimico-industriale
 - Dighe
 - Stadi
 - Musei
 - Biblioteche
 - Cinema
 - Teatri
 - Chiese
 - Oratori
 - Ristoranti
 - Hotel
 - B&B
 - Strutture turistiche e ricettive in generale
 - Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti
 - Strutture connesse con la produzione/distribuzione di energia elettrica

- STRATEGICI
 - Municipio
 - Sede COC/COI
 - Sede alternativa COC/COI
 - Sede COM (eventuale)

Sedi individuate in fase di pianificazione come funzionali per la gestione dell'emergenza

Polizia

Carabinieri

Caserme dei vigili del fuoco

Caserme militari

Sedi di associazioni di volontariato

Farmacie

Ambulatori sanitari

Sede Croce Rossa Italiana

Infrastrutture di accessibilità ai siti individuati come aree di attesa e ricovero

Infrastrutture di connessione interna ai siti

Stazione ferroviari

Autostazione

Uffici comunali

Uffici regionali

Uffici territoriali di Governo

Aeroporti

Eliporti

Una parte di questi punti viene già censita nella costruzione dello scenario di rischio di livello 1. Essi dovranno essere perciò integrati nelle zone da valutare. Un elenco, o in alternativa la concentrazione, dei suddetti elementi, che ricadono nelle zone da valutare, costituisce un indicatore da utilizzare nella fase finale di scelta.

1.1.6. La vulnerabilità delle persone

In generale per uno scenario di evento la vulnerabilità delle persone dipende oltre che dalle loro caratteristiche psicofisiche e dalla magnitudo dell'evento che devono fronteggiare, anche dall'oggetto in cui si trovano. Una persona che si trovi all'aperto sarà sicuramente più vulnerabile di una che si trovi in un edificio che offra un qualche grado di protezione. In questo caso la sua vulnerabilità sarà anche funzione della vulnerabilità dell'edificio stesso. Ma non solo, la vulnerabilità all'interno del medesimo edificio non è omogenea: sarà massima ai piani inferiori e minima ai piani superiori.

La disponibilità di analisi di vulnerabilità delle persone ottenute attraverso l'applicazione di specifiche metodologie (come ad esempio la procedura EVIL per la valutazione dell'indice di vulnerabilità) può essere utilizzata come ulteriore parametro nella fase finale di scelta.

2. Livello 2 di analisi - Frana

In analogia a quanto previsto per i fenomeni di inondazione, per la costruzione dello scenario di livello 2 delle frane è necessario individuare le aree per le quali tale analisi appare più opportuna. Queste aree vengono individuate a seguito di specifica valutazione, seguendo i criteri indicati di seguito. Anche in questo caso per un singolo scenario possono essere individuate una o più zone da valutare per sviluppare il livello 2 di analisi.

2.1. Selezione delle aree oggetto dell'analisi di livello 2

Per le frane, al livello 2, è previsto lo sviluppo di specifiche indagini che comprendono rilievi di campo, eventualmente integrati da un numero limitato di sondaggi. Il risultato atteso è una più puntuale delimitazione delle aree vulnerabili, una più precisa valutazione dell'intensità dei fenomeni, una più approfondita analisi dei punti critici (vedi capitolo 3 di questo rapporto).

Tale approfondimento dovrà riguardare le aree vulnerabili (già delineate al livello 1) e che presentano determinate caratteristiche in termini di densità di popolazione, di modalità di propagazione del movimento franoso, di presenza di punti critici o di altissima vulnerabilità.

Pertanto sarà necessario prima delineare un quadro di insieme di tutte le situazioni che possono candidarsi ad essere luogo di applicazione di indagini di livello 2 e poi si effettuerà la scelta delle situazioni nelle quali i danni temuti sono maggiori, avvalendosi di una procedura come quella riportata a titolo di esempio nel capitolo 3.

In particolare dovranno essere individuate le aree per le quali risultano particolarmente elevati:

- la densità abitativa,
- la presenza di punti critici,
- la presenza di punti ad altissima vulnerabilità

e inoltre si presentino le seguenti condizioni:

- elevata pericolosità da frana,
- scenari evolutivi di gravità media o elevata,

In tutti i casi la scelta potrà essere effettuata o in modo euristico, sulla base dei criteri sopra accennati, o più dettagliatamente utilizzando una procedura di valutazione quantitativa basata su un approccio tipo QUEST, costruendo un'apposita griglia di indicatori.

2.1.1. La densità abitativa

Per le frane la densità abitativa ha lo stesso significato descritto in precedenza e quindi valgono le stesse indicazioni già espresse nel par. 1.1.1.

2.1.2. La presenza di punti critici

Nel caso di aree soggette a frana, i punti critici derivano dall'analisi delle frane presenti sul territorio, considerandone l'area potenzialmente interessata dal movimento, includendo le zone di innesco, le zone di propagazione e le zone di deposito.

Il numero di questi punti, censiti per ognuna delle aree identificate preliminarmente, costituirà un indicatore da utilizzare nella fase finale di scelta.

2.1.3. Elevata pericolosità da frana

La pericolosità da frana può essere descritta come la probabilità di occorrenza di un movimento franoso (nello spazio e nel tempo) riferita ad una determinata intensità (o magnitudo) di dissesto (Hartlèn e Viberg, 1988; Canuti e Casagli, 1994; Carrara et al., 1995, 1999; Guzzetti et al., 1999; Cardinali et al., 2002).

La valutazione completa ed esaustiva della pericolosità da frana richiede la stima di più fattori tra cui la frequenza di manifestazione, la magnitudo, (in termini di volume ed estensione) la tipologia con cui si può verificare (crollo, colata, scorrimento, etc). Non sempre però tutte queste informazioni sono disponibili o al più determinabili. In mancanza di informazioni una valutazione preliminare, di base, sulla pericolosità da frana, può essere effettuata semplicemente ricorrendo alle indicazioni sullo stato di attività (quiescente, attiva, riattivata di recente, ecc) disponibili negli strumenti di pianificazione (PAI, IFFI, etc). La rappresentazione in classi di questo parametro costituisce un buon indicatore da utilizzare insieme agli altri nella definizione delle aree di maggiore interesse per sviluppare gli approfondimenti di analisi.

2.1.4. Scenari evolutivi

Le aree di possibile evoluzione delle frane vengono definite su basi geomorfologiche e non puramente geometriche, e comprendono sia l'area cartografata in frana, sia le zone di possibile influenza, diretta od indiretta, della frana stessa. Per le frane a cinematica lenta le aree di possibile evoluzione sono generalmente limitate alle immediate vicinanze delle frane esistenti. Per le frane rapide (colate di detrito o di terra) le aree di possibile evoluzione possono essere anche molto estese in funzione del dislivello e della pendenza degli impluvi o dei versanti interessati. Infine, per le frane molto veloci (crolli, cadute massi, etc.) le aree di possibile evoluzione comprendono le pareti rocciose od i tratti di versanti molto acclivi, e le sottostanti aree di accumulo di detrito.

La determinazione dell'estensione delle aree di possibile evoluzione, anche se effettuata in modo speditivo, costituisce un parametro molto importante da utilizzare per determinare su quali aree sviluppare indagini di livello superiore.

3. Procedura comparativa tra le zone da valutare

In questo paragrafo si descrive una procedura che può essere seguita, sia per le inondazioni che per le frane, per definire un criterio numerico che assegni un indice di priorità alle diverse *zone da valutare*. In ogni caso si può utilizzare il seguente schema che deriva da quello più generale denominato QUEST e adottato in molte altre analisi sviluppate in altri rapporti (vedi ad esempio A32_LG5).

Nel caso specifico la procedura prevede l'identificazione di attributi (6 per le inondazioni e 5 per le frane) che attraverso l'uso di appropriati indicatori possono assumere uno specifico valore, in base al quale può essere facilmente valutato un indice di priorità P come media pesata degli attributi.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli attributi considerati nel caso di inondazioni e in quello di frane, i relativi indicatori, la procedura per assegnare ai vari attributi un valore e un peso, calcolato in funzione di un indice di rilevanza R prefissato

$$w_i = r_i / \sum r_i.$$

il valore p dell'indice di priorità P è dato da:

$$p = \sum_{i=1}^N w_i \cdot a_i$$

dove w_i è il peso dell'attributo i-esimo e a_i è il suo valore, stimato con le modalità riportate nelle tabelle.

Qualora le zone siano più di una, l'indice P fornisce un criterio di scelta semplice e obiettivo. Se invece la zona è una sola, l'indice P fornisce un supporto utile per valutare l'opportunità di procedere con un'analisi di livello 3. Si può, ad esempio, fissare una soglia pari a 0,8-0,9 superata la quale è necessaria l'indagine più approfondita. Al contrario valori inferiori a 0,5 suggeriscono la inessenzialità di tale ulteriore sviluppo. La fascia intermedia richiede, infine, una specifica valutazione da parte del soggetto responsabile.

In ogni caso se almeno uno degli indicatori di massima rilevanza ($r=4$) assume il valore 1, la zona analizzata deve essere sottoposta ad un'analisi di livello 2.

SCENARIO DI EVENTO: INONDAZIONE

N.	Attributi, A	Indicatori, I	Criterio di valutazione	Rilevanza (R)	Peso (p)	REGOLE DI SELEZIONE AREE Livello 2
1	Densità abitativa	Grado di urbanizzazione	I=0 per basso grado di urbanizzazione* I=0,5 per medio grado di urbanizzazione I=1 per alto grado di urbanizzazione	4	0,22	<p>➤ REGOLA 1: se l'indicatore con rilevanza massima (o uno tra gli indicatori di rilevanza massima) ha valore pari a 1: ➡ Aree soggette ad analisi di livello 2</p> <p>altrimenti: ➤ REGOLA 2: se il valore dell'indice P risulta superiore al valore soglia $P_s = 0,5$: ➡ Aree soggette ad analisi di livello 2</p> <p>altrimenti: ➡ Aree non soggette ad analisi di livello 2</p>
2	Presenza di punti critici	Presenza di punti critici in un certo raggio (m)	I=0 se assenti punti critici in un raggio di 300 m I=0,5 se presenti 1 o 2 punti critici in un raggio di 300 m I=1 se presenti più di 2 punti critici in un raggio di 300 m	4	0,22	
3	Presenza di punti ad altissima vulnerabilità	Presenza o assenza di punti ad altissima vulnerabilità	I=0 se assenti I=1 se presenti	3	0,17	
4	Presenza di infrastrutture di trasporto di primaria	Presenza o assenza di infrastrutture di trasporto di primaria importanza	I=0 se assenti I=1 se presenti	2	0,11	
5	Presenza di edifici e/o di strutture sensibili o di interesse strategico	Presenza o assenza di edifici e/o di strutture sensibili o di interesse	I=0 se assenti I=1 se presenti	2	0,11	
6	Vulnerabilità delle persone	Indice di Vulnerabilità Individuale (IVI)	I=0 (Vulnerabilità moderata) se $IVI < 0,3$ I=0,5 (Vulnerabilità media) se $0,3 \leq IVI < 0,6$ I=1 (Vulnerabilità elevata) se $0,6 \leq IVI < 1$	3	0,17	

(*) sulla base dell'ASI 2019 (Annuario Statistico Italiano) si definiscono:

- alto grado di urbanizzazione: aree con densità non inferiore a 1.500 abitanti per kmq e popolazione non inferiore a 50 mila abitanti;
- medio grado di urbanizzazione: aree con densità non inferiore a 300 abitanti per kmq e popolazione non inferiore ai cinquemila abitanti;
- basso grado di urbanizzazione: aree scarsamente popolate non classificate nei due gruppi precedenti.

dove: IVI (Indice di Vulnerabilità Individuale) viene stimato sulla base della procedura EVIL e $G = \sum_j p_j \cdot I_j$.

SCENARIO DI EVENTO: FRANE

N.	Attributi, A	Indicatori, I	Criterio di valutazione	Rilevanza (R)	Peso (p)	REGOLE DI SELEZIONE AREE Livello 2
1	Densità abitativa	Grado di urbanizzazione	I=0 per basso grado di urbanizzazione* I=0,5 per medio grado di urbanizzazione I=1 per alto	4	0,31	<p>➤ REGOLA 1: se l'indicatore con rilevanza massima (o uno tra gli indicatori di rilevanza massima) ha valore pari a 1: ➡ Aree soggette ad analisi di livello 2 altrimenti:</p> <p>➤ REGOLA 2: se il valore della grandezza P risulta superiore al valore soglia $P_s = 0,5$: ➡ Aree soggette ad analisi di livello 2 altrimenti: ➡ Aree non soggette ad analisi di livello 2</p>
2	Presenza di punti critici	Presenza di punti critici in un certo raggio (m)	I=0 se assenti punti critici in un raggio di 300 m I=0,5 se presenti 1 o 2 punti critici in un raggio di 300 m I=1 se presenti più di 2 punti critici in	3	0,23	
3	Presenza di punti ad altissima vulnerabilità	Presenza o assenza di punti ad altissima	I=0 se assenti I=1 se presenti	2	0,15	
4	Elevata pericolosità da frana	Indice di franosità (IF)** , percentuale	I=0 se $IF \leq 5$ I=0,33 se $5 < IF \leq 15$ I=0,67 se $15 < IF < 30$ I=1 se $IF > 30$	3	0,23	
5	Scenari evolutivi di gravità media o elevata	Velocità di propagazione delle frane ¹ Estensione delle aree di possibile propagazione delle frane (A_{pp} ***, km ²)	I=0 per <u>frane a cinematica lenta</u> e A_{pp} limitata nelle immediate vicinanze delle frane esistenti; I=0,5 per <u>frane rapide</u> (colate di detriti o terra) e A_{pp} rilevante rispetto ai versanti interessati dalle frane esistenti; I=1 per <u>frane molto veloci</u> (crolli, cadute di massi, ecc.) e A_{pp} molto rilevante rispetto ai versanti interessati dalle frane esistenti e alle sottostanti aree di accumulo di detriti.	1	0,08	

**fonte: Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia); ¹: vedi tabella 1.

*** da stimare con adeguate tecniche, quali ad esempio la "buffer affinity".

Classi di velocità (definizione di Cruden & Varnes, 1986)		Intervalli di velocità
Descrizione	Velocità tipica	
Estremamente rapida	5 m/s	3
Molto rapida	3 m/min	
Rapida	1,8 m/h	2
Moderata	13 m/mese	
Lenta	1,6 m/anno	
Molto lenta	16 mm/anno	1
Estremamente lenta	< 16 mm/anno	

Stima degli intervalli di velocità dei fenomeni franosi (Cruden & Varnes, 1986).

Gli indicatori delle tabelle sono solo un esempio molto semplice di come utilizzare la procedura. Caso per caso potranno essere utilizzati attributi e indicatori più specifici, che tengano conto anche degli obiettivi strategici più generali che l'indagine intende perseguire.

In ogni caso i passi necessari sono i seguenti:

- selezione degli attributi
- scelta dei relativi indicatori e definizione dell'algoritmo da utilizzare per la stima di a_i
- attribuzione di un indice di rilevanza ai diversi attributi, che varia tra 1 e 4 o in altro intervallo ritenuto più idoneo e conseguente valutazione del peso w_i del singolo attributo
- calcolo di P.

4. Livello 3 di analisi

Sia per le inondazioni che per le frane, il livello 3 di analisi e di rappresentazione degli scenari di evento differisce dal rispettivo livello 2 sono per i maggiori approfondimenti che si prevede di sviluppare (vedi rapporto A32_LG4).

In particolare per gli scenari di inondazione il livello 3 è suggerito dalla necessità di utilizzare un rilievo topografico di dettaglio o una modellistica idrologica e idraulica più avanzata ma soprattutto per verificare gli effetti di alcune ragionevoli ipotesi di malfunzionamento del sistema di difesa idraulica (cedimento di tratti di arginatura, ostruzione di strettoie artificiali o naturali, sovralluvionamento dell'alveo, ecc.).

Per gli scenari di frana il livello 3 riguarda solo un piccolo numero di movimenti franosi, per i quali è necessario costruire un modello geologico-geomorfologico più dettagliato, attraverso adeguate indagini e rilievi di campagna, prove in sito e in laboratorio. Lo scopo è la costruzione di un modello geologico e di un modello geotecnico e la caratterizzazione dei movimenti franosi. In tal modo è possibile effettuare una più puntuale delimitazione delle aree vulnerabili e, in particolare, delle zone di propagazione, retrogressione ed espansione laterale, potenzialmente interessate dal movimento. Si potrà disporre anche di elementi più puntuali per caratterizzare meglio i movimenti in termini di intensità e per una più affidabile identificazione dei punti critici.

In linea di massima è opportuno che il terzo livello interessi zone già indagate a livello 2, in particolare quelle che appaiono caratterizzate da una elevata densità abitativa e che, in base alle analisi sviluppate nelle fasi precedenti, sono apparse maggiormente a rischio. Questi elementi devono essere integrati, nel caso di frane, da una valutazione circa la tendenza ad espandersi in tutte le direzioni e soprattutto verso valle con velocità particolarmente elevate e, nel caso delle alluvioni, dalla complessità geometrica dell'alveo e dell'area inondabile che potrebbero richiedere rilievi topografici molto accurati, una modellistica più dettagliata e una valutazione specifica delle conseguenze di un malfunzionamento.

La molteplicità delle situazioni che potrebbero verificarsi rende molto difficile definire un criterio standardizzato e oggettivo per la scelta delle zone da indagare a livello 3. È da prevedere, inoltre, che l'eventualità di sviluppare tale livello riguardi, nella gran parte dei casi, solo una zona ben specifica la cui rilevanza è emersa già nello sviluppo delle fasi precedenti. Pertanto la realizzazione del livello 3 è più una valutazione di opportunità e di necessità che non una scelta tra due o più alternative.

In ogni caso si può utilizzare lo schema già indicato per il livello 2, considerando gli attributi riportati nelle seguenti tabelle, a ciascuno di essi si attribuisce un valore secondo il criterio precisato nella seconda colonna e un peso basato sulla sua rilevanza.

Inondazioni

Attributo A	Valore V	Rilevanza R	Peso W
Densità delle persone (D)	0 se $D < 5p/kmq$ 1 se $D > 30p/kmq$	3	0,3

	Lineare nell'intervallo		
Rischio	0,5 elevato 1,0 molto elevato	3	0,3
Tendenza evolutiva	0,2 per ognuna dei seguenti indicatori: <ul style="list-style-type: none"> - Attraversamenti stretti - Argini in cattivo stato - Sovralluvionamento - Tratti tombati lungo il corso d'acqua - Presenza di 2 o più punti critici 	4	0,4

Frane

Attributo A	Valore V	Rilevanza R	Peso W
Densità delle persone (D)	0 se $D < 5p/kmq$ 1 se $D > 30p/kmq$ Lineare nell'intervallo	3	0,3
Rischio	0,5 + 0,1 per ogni punto critico presente nell'area vulnerabile	3	0,3
Tendenza evolutiva	Attribuire a ciascun indicatore il relativo punteggio e sommare. In caso di assenza mettere 0 Espansione verso monte 0,2 Espansione laterale 0,1 Espansione verso valle 0,2 Velocità > 5 cm/ora 0,5	4	0,4

Anche in questo caso si ottiene il valore dell'indice di priorità P e si possono utilizzare gli stessi criteri di cui al livello 2.

Appendice 2

Scheda monografica di rilevamento di punto critico

LOCALIZZAZIONE

Zona di presidio (codice e nome): _____

Settore di presidio (codice e nome): _____

Coordinate UTM: _____

Corso d'acqua: _____

Bacino idrografico: _____

TIPOLOGIA

- Fitta vegetazione in alveo
- Discariche in alveo
- Tratti di alveo pensile
- Attraversamenti a raso
- Tratti di alveo sovralluvionato
- Fenomeni erosivi in alveo
- Tratto tombato
- Arginatura con altezza diseguale
- Argine con altezza insufficiente
- Argine rotte o danneggiate
- Arginatura discontinua
- Arginatura mancante
- Strette che possono generare rigurgiti
- Altro (specificare): _____

- Zone di possibile ostruzione (frane in alveo, repentina riduzione della capacità di trasporto, ecc.)
- Sponde non protette potenzialmente erodibili
- Opere di sistemazione incomplete
- Zone con cantieri attivi
- Punti di possibile esondazione e/o rottura



DESCRIZIONE

ESPOSTI IN PROSSIMITÀ DEL PUNTO CRITICO CONSIDERATO

- Edifici pubblici (indicare numero approssimativo): _____
- Edifici privati (indicare numero approssimativo): _____
- Attività economiche: insediamenti industriali cantieri ed attività edilizie attività commerciali attività turistiche
- Attività agricole
- Opere idrauliche
- Infrastrutture tecnologiche e di servizio: gasdotti linee elettriche linee telefoniche acquedotti fognature
- Infrastrutture di trasporto: strade comunali strade provinciali e/o regionali strade rurali autostrade ferrovie
- Altro (specificare): _____

DANNO POTENZIALE (descrizione): _____

GRADO DI ATTENZIONE DEL PUNTO: altissima molto alta alta ordinaria

EVENTUALE STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO INSTALLATA: _____
 Funzionante Non funzionante

LIVELLO DI AFFIDABILITÀ DELL'INFORMAZIONE: _____

LIVELLO DI APPROFONDIMENTO DELL'INFORMAZIONE: _____

DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA E FOTOGRAFICA

L'organizzazione della pagina e la scelta dei documenti è a cura del compilatore.

Se necessario, questa pagina può essere ripetuta ma non più di due volte.

stralcio cartografico

foto

foto

foto

foto

Appendice 3

Metodo speditivo per la valutazione dell'intensità di un movimento franoso

Per definire l'intensità dei fenomeni si segue una procedura basata su un approccio geomorfologico proposto nell'ambito del progetto PON LEWIS (*DELIVERABLE WP 1.1 Linee guida per l'identificazione di scenari di rischio/Parte seconda*).

Ogni fenomeno va caratterizzato con attributi che definiscano, per classi, la dimensione dell'evento (superficie, spessore, volume, lunghezza della corona, lunghezza del fronte della frana) e la sua velocità.

Classe	Denominazione	Descrizione
1	molto piccola	< 100 m ²
2	piccola	<1.000 m ²
3	media	<10.000 m ²
4	grande	<100.000 m ²
5	molto grande	>100.000 m ²

Figura A_1: superficie

Classe	Denominazione	Descrizione
1	molto piccola	<10 m
2	piccola	< 100 m
3	media	< 500 m
4	lunga	< 1000 m
5	molto lunga	>1000 m

Figura A_2: corona

Classe	Denominazione	Descrizione
1	molto piccolo	<10 m
2	piccolo	< 100 m
3	medio	< 500 m
4	lungo	< 1000 m
5	molto lungo	>1000 m

Figura A_3: fronte

Classe	Denominazione	Descrizione
1	molto superficiale	≤ 0.5 m
2	superficiale	≤ 2 m
3	media	≤ 10 m
4	profonda	≤ 30 m
5	molto profonda	> 30 m

Figura A_4: spessore

Classe	Denominazione	Descrizione
1	estremamente piccola	< 500 m ³ ; classe estr. piccola Fell (1994)
2	molto piccola	< 5.000 m ³ ; classe molto piccola Fell (1994)
3	piccola	< 50.000 m ³ ; classe piccola Fell (1994)
4	media	< 500.000 m ³ ; classi media e mediamente grande (parte) Fell (1994)
5	grande	> 500.000 m ³ ; classi mediamente grande (parte), molto grande, estremamente grande Fell (1994)

Figura A_5: volume

Nel caso di frane in roccia è sufficiente stimare le dimensioni dei blocchi caduti o potenzialmente mobilizzabili:

Classe	Denominazione	Descrizione
1	molto piccolo	diametro ≤ 0.5 m
2	piccolo	diametro ≤ 2 m
3	medio	diametro ≤ 5 m
4	grande	diametro ≤ 10 m
5	molto grande	diametro > 10 m

Figura A_6: dimensione dei blocchi

La velocità di movimento di una frana (VEL), in mancanza di misure dirette, può essere stimata tenendo conto delle diverse tipologie di movimento della frana, facendo riferimento alla classificazione di Cruden & Varnes (1996). In particolare per la stima della velocità vengono individuate tre classi:

Classe	Denominazione	Descrizione
1	lento	Scorrimenti, colate, e espansioni laterali (<1m/anno)
2	moderato	Colate di terra e di detrito e frane complesse (1m/anno÷1m/ora)
3	rapido	Crolli e ribaltamenti, scivolamenti in roccia e colate detritiche (>1m/ora)

Figura A_7: classi di velocità

Una volta determinati e suddivisi in classi i parametri si procede alla valutazione dell'indice di severità geometrica per ogni frana. Per gli scivolamenti senso lato, le colate di detrito e/o di terra, le frane complesse e gli scivolamenti in roccia, l'indice di severità geometrica viene stimato attraverso l'intersezione dei cinque parametri: superficie (SUP), lunghezza della corona (COR), lunghezza del fronte (FRO), spessore (SPE) e volume (VOL).

L'indice di severità geometrica è assegnato ad una delle cinque classi predefinite che vanno da molto bassa a molto alta, secondo lo schema seguente.

Classe	Denominazione	Descrizione
1	molto bassa	indici SUP, COR, FRO, SPE, VOL tutti eguali ad 1
2	bassa	almeno un valore 2 tra gli indici SUP, COR, FRO, SPE, VOL
3	media	almeno un valore 3 tra gli indici SUP, COR, FRO, SPE, VOL
4	alta	almeno un valore 4 tra gli indici SUP, COR, FRO, SPE, VOL
5	molto alta	almeno un valore 5 tra gli indici SUP, COR, FRO, SPE, VOL

Figura A_8: Indice di severità geometrica

Per le frane in roccia (crolli e/o ribaltamenti) l'indice di severità geometrica coincide con le dimensioni dei blocchi caduti o potenzialmente mobilizzabili (DIM).

L'intensità dipende dalla dimensione e dalla velocità. La procedura proposta dal progetto LEWIS considera tre classi di intensità.

Classe	Denominazione
1	bassa
2	media
3	elevata

Figura A_9: classi di intensità

Per le frane *latu sensu* l'intensità (INF) è valutata combinando l'indice di severità geometrica (ISG) con la velocità dei fenomeni franosi cartografati. Nel caso di crolli e/o ribaltamenti per la stima dell'intensità (INR) si procede alla combinazione delle dimensioni dei blocchi caduti con la velocità.

Le matrici utilizzate sono riportate in figura A_10. La figura A_11 riporta lo schema di calcolo.

	VEL 1	VEL 2	VEL 3		VEL 1	VEL 2	VEL 3
ISG1	1	1	2	DIM1	-	-	2
ISG2	1	2	2	DIM2	-	-	3
ISG3	2	2	3	DIM3	-	-	3
ISG4	2	3	3	DIM4	-	-	3
ISG5	3	3	3	DIM5	-	-	3

Figura A_10: matrici di calcolo

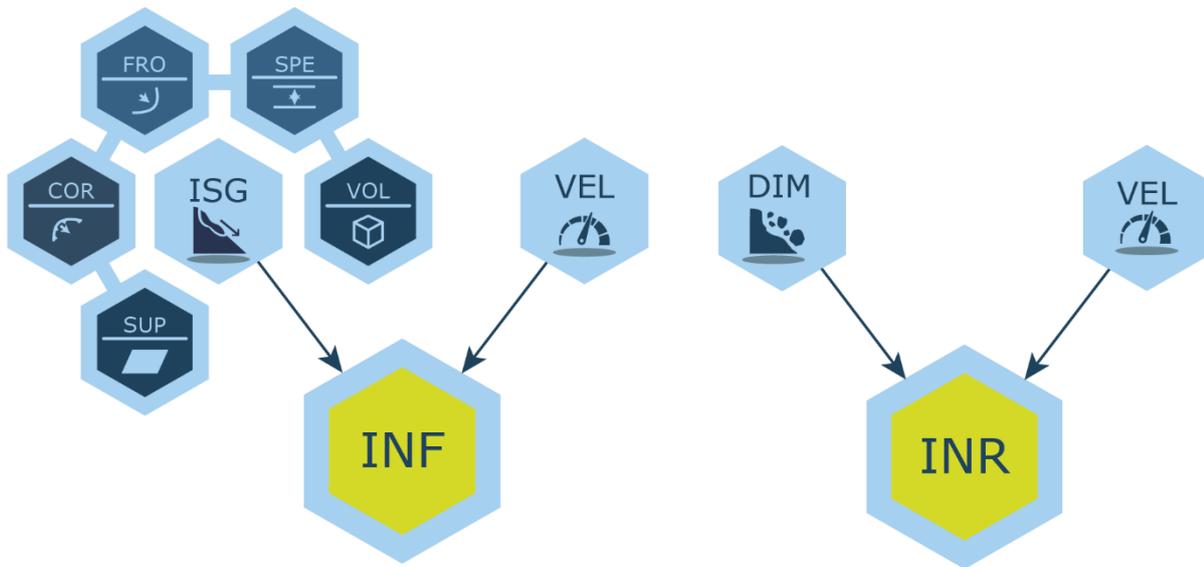


Figura A_11: schema esemplificativo della procedura per il calcolo dell'intensità del movimento franoso

In definitiva la procedura proposta consente di attribuire ogni movimento franoso ad una specifica classe di intensità ed è, quindi, possibile realizzare una carta semplificata dei movimenti franosi che li suddivide in tre classi, caratterizzate graficamente da una diversa colorazione (vedi ad esempio figura A_12). Pur nella sua estrema semplicità un documento di questo tipo contiene l'informazione essenziale per definire al primo livello scenari di evento con un contenuto informativo superiore rispetto a quello fornito da una mera delimitazione delle aree instabili.

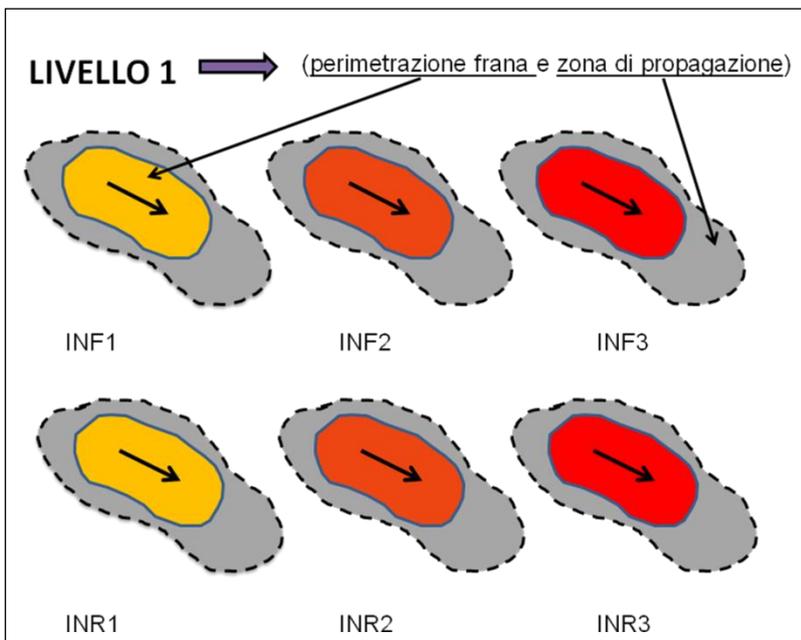


Figura A_12: Perimetrazione della frana, della zona di propagazione e attribuzione della classe di intensità.

È da osservare che l'indice di severità geometrico può essere stimato, per semplicità, anche considerando solo alcuni dei parametri utilizzati per definire la dimensione della frana.

