



Accordo

tra

Segretariato Regionale del Ministero dei Beni e delle
Attività Culturali e del Turismo della Liguria

e

Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
del Consiglio Nazionale delle Ricerche

RAPPORTO SU “AZIONE 2 – ATTIVITÀ D Individuazione di zone a maggiore pericolosità da frana per la possibile identificazione delle aree prioritarie di intervento”



AUTORI

Il documento è stato redatto da:

- Mauro Rossi

Tutte le persone sopra riportate sono ricercatori presso la sede di Perugia dell'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).



INDICE

AUTORI	2
INDICE.....	3
SOMMARIO.....	4
DOCUMENTI APPLICABILI E DI RIFERIMENTO	5
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	6
1 MODELLAZIONE E VALIDAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ POSTA DA DIFFERENTI TIPI DI FRANA.....	7
1.1 Modellazione per le differenti tipologie di frana	7
1.2 Modello di Suscettibilità Composito.....	9
2 CRITERI DI INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITÀ DA FRANA.....	10
3 WEBGIS PER L'ANALISI DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITÀ DA FRANA	16
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	19



SOMMARIO

Obiettivo del documento è descrivere i criteri per l'individuazione di zone a maggiore pericolosità da frana per la possibile identificazione delle aree prioritarie di intervento nell'area di studio del progetto. Tale attività si basa (i) sui risultati della modellazione della pericolosità posta dai differenti tipi di frana (frane superficiali, colate, crolli) presenti nelle aree di studio ottenuti nell'ambito dell'Azione 2 Attività B [DR-003] e (ii) risultati della validazione e verifica dei risultati della modellazione della suscettibilità e pericolosità posta da differenti tipologie di frana (frane superficiali o di scivolamento, colate, crolli) realizzate nelle aree di studio ottenuti nell'ambito dell'Azione 2 Attività C [DR-004].

Il documento ricapitola inizialmente le attività di modellazione e validazione della pericolosità e suscettibilità da frana (Capitolo 1). Successivamente sono descritti i criteri di utilizzo degli output modellistici per l'individuazione delle zone a maggiore pericolosità e/o suscettibilità da frana (Capitolo 2). Infine il Capitolo 3 descrive l'applicativo WebGIS (file "paesaggi_sicuri_webgis.zip" allegato al presente documento) realizzato per la consultazione dei risultati modellistici già consegnati in formato geografico insieme al [DR-003].



DOCUMENTI APPLICABILI E DI RIFERIMENTO

- DA-001 Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri, del 27 febbraio 2004. Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile. Supplemento ordinario n. 39 alla Gazzetta Ufficiale n. 59 del 11 marzo 2004
- DA-002 Accordo di Programma quadro tra la Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, e il Consiglio Nazionale delle Ricerche, del 8 giugno 2011.
- DA-003 Accordo tra il Segretariato Regionale del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo della Liguria e l'istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Firmata digitalmente il 15 febbraio 2017. Oggetto: Sito UNESCO "Porto Venere, Cinque Terre e Isole (Palmaria, Tino e Tinetto)" Progetto Paesaggi Sicuri: strategie di prevenzione e adattamento.
- DR-001 Rapporto su "Azione 1 – attività a: raccolta e organizzazione dei dati e delle informazioni disponibili nelle banche dati regionali, degli enti e degli istituti di ricerca che hanno cooperato nel tempo con la regione Liguria circa il censimento dei fenomeni franosi e delle aree di instabilità nella zona del sito UNESCO". Accordo tra il Segretariato Regionale del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo della Liguria e il CNR IRPI. Versione 1.1, dell'8 marzo 2017, 5 pp.
- DR-002 Rapporto su "Azione 2 – Attività A: Identificazione della Modellistica ottimale per i differenti tipi di dissesto idrogeologico". Accordo tra il Segretariato Regionale del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo della Liguria e il CNR IRPI. Versione 1.0, dell'8 maggio 2017, 30 pp.
- DR-003 Rapporto su "Azione 2 – Attività B: Modellazione della pericolosità posta dai differenti tipi di frana (frane superficiali, colate, crolli) presenti nell'area di studio". Accordo tra il Segretariato Regionale del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo della Liguria e il CNR IRPI. Versione 1.0, dell'8 dicembre 2018, 46 pp.
- DR-004 Rapporto su "Azione 2 – Attività C: Validazione e verifica dei risultati della modellazione". Accordo tra il Segretariato Regionale del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo della Liguria e il CNR IRPI. Versione 1.0, dell'8 febbraio 2018, 18 pp.



ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
IFFI	Inventario Fenomeni Franosi in Italia
IRPI	Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
PIF	Punto Identificativo Frana
UNESCO	<i>United Nations Educational Scientific and Cultural Organization</i>
WebGIS	<i>Web Geographical Information System</i>



1 MODELLAZIONE E VALIDAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ POSTA DA DIFFERENTI TIPI DI FRANA

La complessità e le differenze delle diverse tipologie di frana (scivolamenti, crolli, colate) presenti nell'area oggetto di studio (corrispondente con una parte del sito UNESCO Porto Venere, Cinque Terre e Isole), non hanno consentito di utilizzare un singolo approccio modellistico. Come già descritto in [DR-003] sono stati prima realizzate modellazioni separate per le diverse tipologie di frana, successivamente tali risultati modellistici (§1.1) sono stati combinati in una mappa di suscettibilità composta (§1.2).

1.1 MODELLAZIONE PER LE DIFFERENTI TIPOLOGIE DI FRANA

Vista l'eterogeneità dei processi di frana considerati (scivolamenti, crolli, colate) e la qualità e quantità delle informazioni geo-tematiche disponibili, non è sempre stato possibile modellare la pericolosità da frana, ma in tutti i casi sono state ottenute mappe di suscettibilità fondate per la zonazione spaziale della propensione al dissesto di un territorio.

Come già descritto nei documenti [DR-003] e [DR-004], gli approcci modellistici sono stati selezionati in funzione:

1. della finalità e del possibile utilizzo dell'analisi;
2. dell'estensione dell'area di studio;
3. della qualità e tipologia di dati in input disponibili;
4. della coerenza spaziale e confrontabilità dei risultati;
5. dell'esperienza del modellatore nell'utilizzo dello specifico approccio modellistico;
6. della disponibilità dei *software* di modellazione.

In particolare:

- per gli scivolamenti (*Slide*) è stata realizzata una zonazione della suscettibilità basata su una modellazione di tipo statistico utilizzando il *software* LAND-SE (Rossi et al., 2010; Rossi and Reichenbach, 2016);
- per i crolli (*Fall*) ed in particolare per le cadute massi, è stata realizzata una zonazione della suscettibilità basata su una modellazione fisicamente basata utilizzando il *software* STONE (Guzzetti et al., 2004, 2002); nella modellazione sono state stimate anche la velocità e l'altezza massima raggiunta dai blocchi nelle simulazioni informazioni utili alla stima della pericolosità;
- per le colate (*Flow*) è stata realizzata una zonazione della suscettibilità basata su una modellazione concettuale utilizzando il *software* "r.randomwalk" (Mergili et al., 2015).



Nei documenti [DR-003] e [DR-004] sono inoltre stati descritti i test effettuati per la valutazione di modelli di suscettibilità per le tre diverse tipologie di frana. Ove possibile, i risultati dei singoli modelli sono stati valutati quantitativamente e qualitativamente. Vista la differenza dei dati di frana a disposizione nell'area di studio per le tre differenti tipologie di frana, sono state realizzate attività di verifica e validazione differenziate e in particolare:

- a) per i modelli di suscettibilità per frane di tipo scivolamento sono state eseguite valutazioni quantitative utilizzando differenti metriche statistiche e valutazioni qualitative descritte nel Capitolo §2 del [DR-004] e nel Capitolo §3 del [DR-003];
- b) per i modelli di suscettibilità per frane di tipo crollo sono state eseguite valutazioni qualitative descritte nel Capitolo §3 del [DR-004];
- c) per i modelli di suscettibilità per frane di tipo colata rapida sono state eseguite valutazioni qualitative descritte nel Capitolo §4 del [DR-004].

Dalle valutazioni effettuate risulta ragionevole affermare che i modelli di suscettibilità realizzati siano in diversa misura rappresentativi delle reali condizioni di propensione al dissesto del territorio.

Per tutte le tipologie di frana mappate ed in particolare per le frane di tipo crollo e colata, la modellazione effettuata deve essere considerata come una modellazione di massima, funzionale prevalentemente alla individuazione delle zone di suscettibilità più critiche all'interno dell'area di studio. Si ricorda inoltre che nella modellazione delle frane di tipo crollo e colata, le zone ricoperte da vegetazione (foreste, oliveti, seminativi arborati) sono state considerate in analogia alle altre, pertanto in presenza di tali coperture le previsioni dei modelli di suscettibilità sono da considerarsi peggiorative, ma cautelative, e rappresentative delle condizioni di predisposizione al dissesto in caso di rimozione della vegetazione.

Nei documenti si ribadisce inoltre che informazioni topografiche più accurate (DEM a maggior risoluzione spaziale) e informazioni ancillari addizionali (es. informazioni litologiche di maggiore dettaglio) potranno permettere una migliore stima della suscettibilità in futuro. Analogamente, l'aggiunta di informazioni sull'occorrenza di frana di maggior accuratezza spaziale, temporale e tematica (es. realizzazione di inventari multi-temporali per diverse tipologie di frana) potrà contribuire significativamente sia ad una migliore calibrazione dei modelli che ad una stima corretta delle loro performance predittive.

Le analisi modellistiche realizzate sono state funzionali all'individuazione delle zone a maggiore pericolosità da frana all'interno dell'area di studio, ma si ribadisce che i risultati ottenuti non possono sostituire studi e analisi specifiche di versante a carattere locale (necessariamente supportate da rilievi e dati in situ), indispensabili qualora si necessiti di informazioni e previsioni di maggior dettaglio sui fenomeni studiati.



1.2 MODELLO DI SUSCETTIBILITÀ COMPOSITO

I risultati dei singoli modelli in termini di suscettibilità ottenuti per le diverse tipologie di frana sono stati analizzati e integrati attraverso una specifica modalità di combinazione (Capitolo §6 del [DR-003]). Tale procedura ha portato alla realizzazione di una mappa di suscettibilità composita a livello di *pixel* per sintetizzare i diversi risultati ottenuti nell'area di studio utilizzando differenti approcci modellistici. Il modello di suscettibilità composita a livello di *pixel* ha restituito 3 differenti output:

- Mappa del conteggio dei modelli di suscettibilità per le diverse tipologia di frana con valori maggiori o uguali alla Classe 3 Media M;
- Mappa del valore minimo raggiunto dai diversi modelli di suscettibilità per le tre tipologie di frana (scivolamento, cadute massi, colata rapida);
- Mappa del valore massimo raggiunto dai diversi modelli di suscettibilità per le tre tipologie di frana (scivolamento, cadute massi, colata rapida).

In pratica, la mappa del conteggio esprime la eterogeneità dei tipi di frana potenzialmente verificabili nel pixel di riferimento, mentre le mappe del valore minimo e del valore massimo esprimono la variabilità delle condizioni di suscettibilità presenti.



2 CRITERI DI INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITÀ DA FRANA

Come già descritto precedentemente e negli altri documenti di progetto, non sempre è stato possibile stimare la pericolosità da frana, ma in tutti i casi sono state ottenute mappe di suscettibilità da frana. Pertanto l'individuazione delle zone a maggiore pericolosità da frana nell'area di studio è stata basata prevalentemente sull'analisi di una delle sue componenti, cioè la suscettibilità da frana. Si ribadisce comunque che tale informazione è quella fondamentale e più comunemente utilizzata per la zonazione spaziale della propensione al dissesto di un territorio.

Per consentirne una interpretazione congiunta dei risultati di suscettibilità da frana, tutti i risultati di suscettibilità singoli o compositi disponibile a livello di *pixel* sono stati aggregati sulle unità di versante (o *slope unit*, SU). Per tale scopo è stata prima definita e ottimizzata una partizione del territorio in unità di versante e successivamente è stata analizzata la variabilità delle condizioni di suscettibilità semplici e composite all'interno di ogni singola unità di versante all'interno dell'area di studio (Capitolo §6.1 del [DR-003]).

Tale analisi ha permesso di creare, per ogni singola unità di versante:

- una scheda di sintesi (Figura 1) per l'analisi delle singole suscettibilità relative alle diverse tipologie di frana (suddivise tra le varie colonne). Per ogni tipologia di frana sono indicate (i) la ripartizione totale delle diverse classi di suscettibilità sul totale della unità di versante (grafico a barre in alto), (ii) la ripartizione delle diverse classi di suscettibilità sul totale dei pixel coperti da ogni singolo modello, e (iii) gli estratti delle singole mappe di suscettibilità;
- i grafici (Figura 2) e le mappe di ripartizione (Figura 3) e dei valori conteggio, minimo e massimo di suscettibilità combinata calcolati inizialmente a scala di *pixel*.

Tutti i valori relativi alle varie ripartizioni sopra descritte (in termini percentuali) e i riferimenti ai file .pdf contenenti le mappa e le schede di sintesi, sono state riportate nella tabella degli attributi dello *shapefile* di tipo poligonale "*subdivision_results.shp*" relativo alla suddivisione in unità di versante della zona oggetto di studio. La struttura e i campi di tale tabella degli attributi e la loro descrizione è riportata in Tabella 1.

La complessità di tale tabella evidenzia come ci siano diversi criteri sui quali basare l'individuazione delle zone a maggior pericolosità o suscettibilità da frana. Se da un lato è possibile fare una classifica delle unità di versante a maggior suscettibilità combinata, considerando congiuntamente tutti le possibili tipologie di frana (ad esempio ordinando dal più piccolo al più grande i campi relativi al conteggio o ai valori massimo e minimo di suscettibilità composita), allo stesso tempo rimane possibile fare delle analisi su singole tipologie di frana (ad esempio ordinando i campi di una singola tipologia di frana).

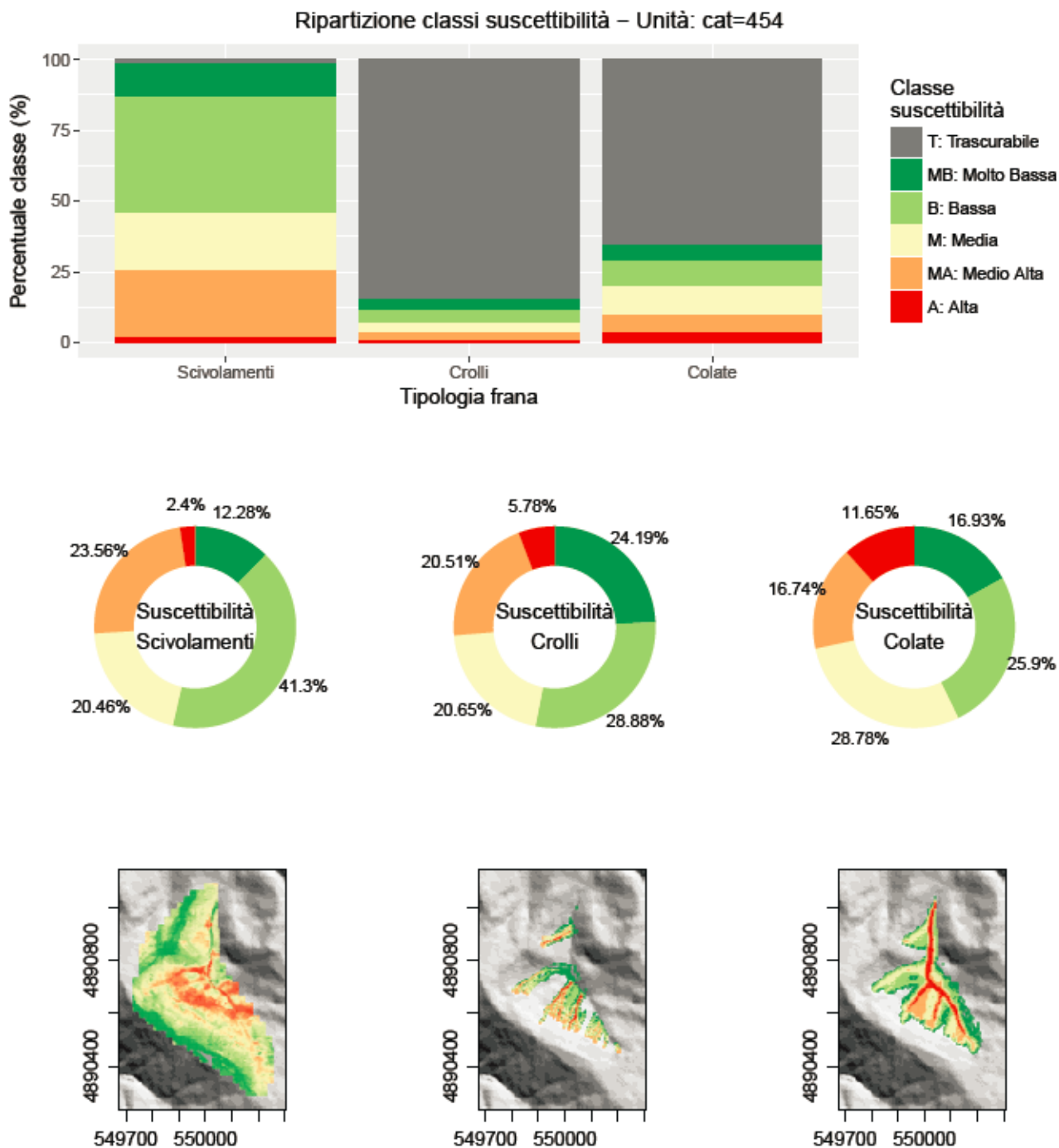
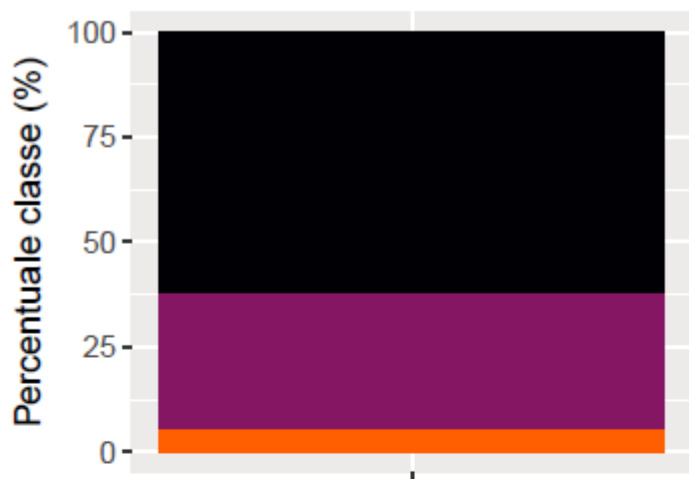


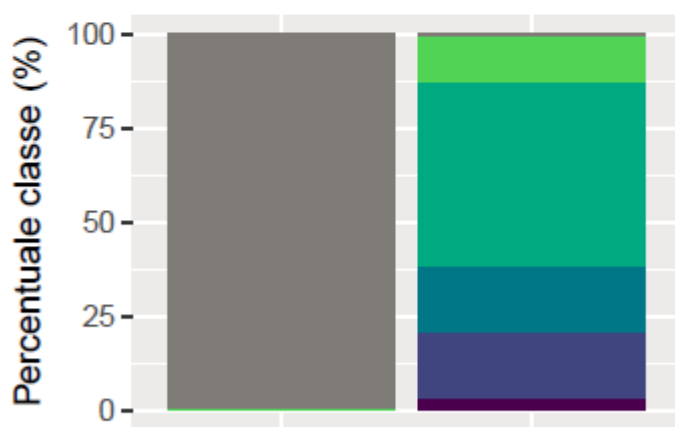
Figura 1: Esempio di scheda di sintesi per l'analisi delle singole suscettibilità relative alle diverse tipologie di frana (suddivise tra le varie colonne). Per ogni tipologia di frana sono indicate (i) la ripartizione totale delle diverse classi di suscettibilità sul totale della unità di versante (grafico a barre in alto), (ii) la ripartizione delle diversi classi di suscettibilità sul totale dei pixel coperti da ogni singolo modello, e (iii) gli estratti delle singole mappe di suscettibilità.



Suscettibilità composta – Unità: cat=549



Conteggio tipologia frane previste



Minimo Massimo

Valori suscettibilità



Figura 2: Esempio di scheda di sintesi con le ripartizioni dei valori conteggio, minimo e massimo di suscettibilità combinata rispetto alla dimensione totale dell'unità di versante.

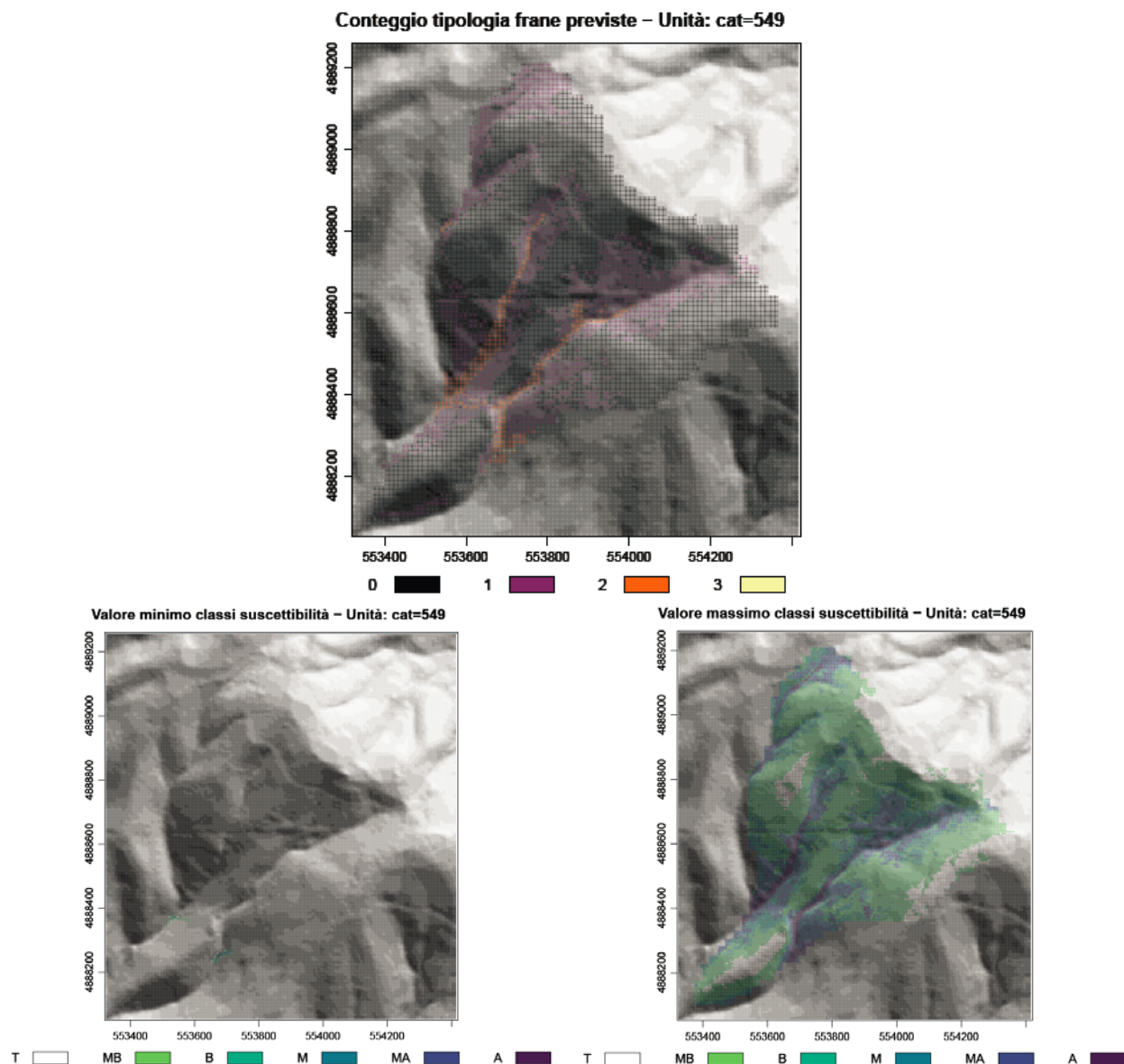


Figura 3: Mappe dei valori conteggio, minimo e massimo di suscettibilità combinata calcolati a scala di *pixel*.

Si ritiene infatti utile consultare anche le mappe *raster* (nelle quali gli output modellistici sono calcolati a livello di *pixel*) e i pdf di Figura 1, 2 e 3 per poter analizzare più in dettaglio le condizioni di propensione al dissesto poste dalle diverse tipologie di frana. Tali output resi già disponibili insieme al [DR-003] indentificano le zone a maggiore pericolosità e/o suscettibilità dovuta a una specifica tipologia di frana e possono costituire la base per future stime del livello di rischio. In tal senso, già la semplice sovrapposizione di tali output modellistici a *layer* degli esposti (es. edificato, strade, ecc.) consente valutazioni del livello di rischio.



Tabella 1: Struttura della tabella degli attributi del file *subdivision_results.shp*.

NOME CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
cat	Numerico <i>Integer</i>	Riferimento univoco unità di versante
area	Numerico <i>Real</i>	Dimensioni unità di versante (m ²)
rsusc_pdf	Testo	Riferimento al file pdf con la ripartizione e le mappe delle diverse classi di suscettibilità per le differenti tipologie di frana all'interno dell'unità di versante
SL_T_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità trascurabile (T) a frane di scivolamento
SL_MB_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità molto bassa (MB) a frane di scivolamento
SL_B_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità bassa (B) a frane di scivolamento
SL_M_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità media (M) a frane di scivolamento
SL_MA_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità medio alta (MA) a frane di scivolamento
SL_A_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità alta (A) a frane di scivolamento
CR_T_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità trascurabile (T) a frane di crollo
CR_MB_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità molto bassa (MB) a frane di crollo
CR_B_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità bassa (B) a frane di crollo
CR_M_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità media (M) a frane di crollo
CR_MA_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità medio alta (MA) a frane di crollo
CR_A_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità alta (A) a frane di crollo
CO_T_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità trascurabile (T) a frane di colata
CO_MB_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità molto bassa (MB) a frane di colata
CO_B_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità bassa (B) a frane di colata
CO_M_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità media (M) a frane di colata
CO_MA_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità medio alta (MA) a frane di colata
CO_A_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità alta (A) a frane di colata
CScnt_pdf	Testo	Riferimento al file pdf contenente la mappa del valore conteggio di suscettibilità combinata calcolata a scala di pixel
CSmin_pdf	Testo	Riferimento al file pdf contenente la mappa del valore minimo di suscettibilità combinata calcolata a scala di pixel
CSmax_pdf	Testo	Riferimento al file pdf contenente la mappa del valore massimo di suscettibilità combinata calcolata a scala di pixel



PAESAGGI SICURI: Strategie di prevenzione e adattamento

CSrep_pdf	Testo	Riferimento al file pdf con la ripartizione dei valori conteggio, minimo e massimo di suscettibilità combinata all'interno dell'unità di versante
CScnt_0_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con valori di conteggio di suscettibilità composita pari a 0 (0 modelli >= classe media)
CScnt_1_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con valori di conteggio di suscettibilità composita pari a 1 (1 modello >= classe media)
CScnt_2_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con valori di conteggio di suscettibilità composita pari a 2 (2 modelli >= classe media)
CScnt_3_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con valori di conteggio di suscettibilità composita pari a 3 (0 modelli >= classe media)
CSmin_T_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita minima trascurabile (T)
CSmin_MB_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita minima molto bassa (MB)
CSmin_B_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita minima bassa (B)
CSmin_M_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita minima media (M)
CSmin_MA_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita minima medio alta (MA)
CSmin_A_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita minima alta (A)
CSmax_T_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita massima trascurabile (T)
CSmax_MB_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita massima molto bassa (MB)
CSmax_B_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita massima bassa (B)
CSmax_M_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita massima media (M)
CSmax_MA_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita massima medio alta (MA)
CSmax_A_p	Numerico <i>Real</i>	Percentuale di pixel nell'unità di versante con classe di suscettibilità composita massima alta (A)



3 WEBGIS PER L'ANALISI DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITÀ DA FRANA

Vista la molteplicità di analisi possibili e i differenti output modellistici, oltre alla consegna di singole mappe in formato geografico, è stato predisposto uno specifico applicativo *webgis* che consente la visualizzazione e l'interrogazione dei risultati modellistici di pericolosità e suscettibilità da frana ottenuti nell'ambito del progetto (Figura 4). Tale applicativo è accessibile in locale eseguendo il file *index.html* all'interno della cartella "paesaggi_sicuri_webgis" allegato in formato compresso al presente documento, o all'indirizzo web <http://paesaggisicuri.ipri.cnr.it>. L'interfaccia, estremamente semplificata, integra strumenti base per la misura, ricerca località e selezione delle mappe (*layer*) da visualizzare (Figura 4 in alto a destra) e strumenti per lo zoom (Figura 4 in alto a sinistra). Nella parte inferiore dell'interfaccia sono riportati i riferimenti al progetto e il link "Legenda & Documentazione" per l'accesso al file pdf che descrive gli output modellistici e le relative legende. La mappa visualizzata all'apertura della pagina, è una delle possibili stilizzazioni del file *subdivision_results.shp*. Tale mappa evidenzia con le stesse classi e gli stessi colori del grafico di ripartizione e della mappa del conteggio della suscettibilità composita (Figura 2 e 3 in alto), se all'interno dell'unità di versante una data classe di conteggio (valori 0, 1, 2, 3 indicanti il numero di modelli per le differenti tipologie di frana che hanno un valore di suscettibilità da media ad alta) ha superato il 10% dell'area. Se due o più classi hanno superato tale valore percentuale viene mostrato il colore corrispondente alla classe di conteggio più elevata.

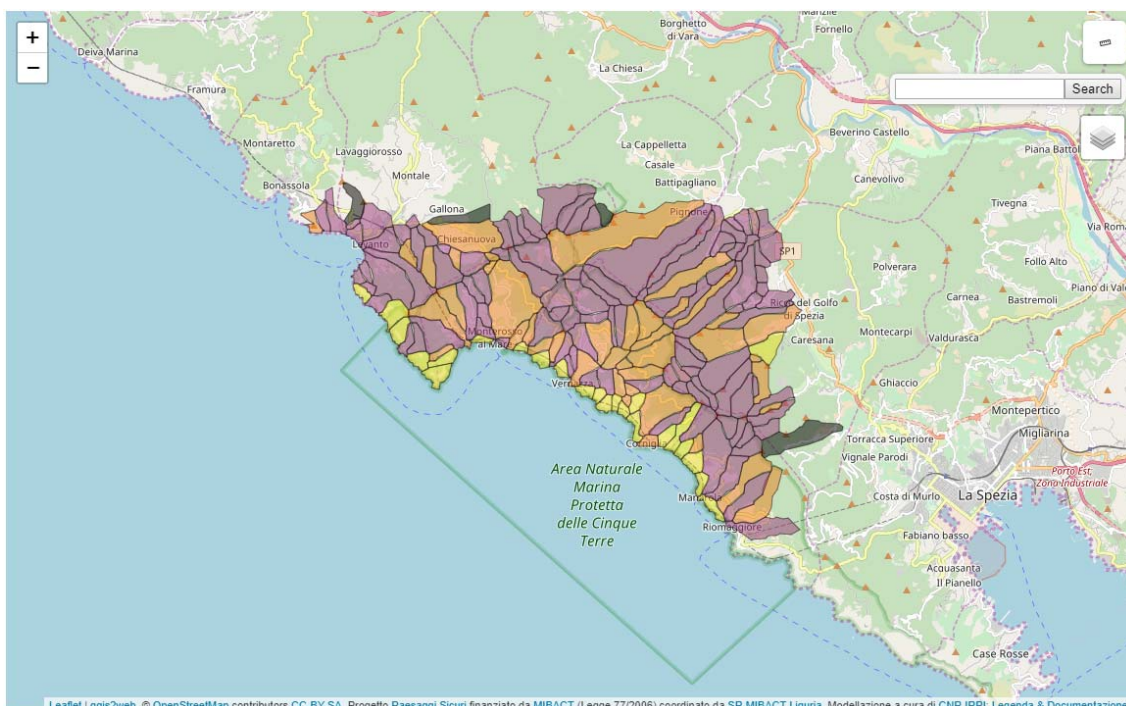


Figura 4: Interfaccia *webgis* per consultare gli output di pericolosità e suscettibilità da frana.

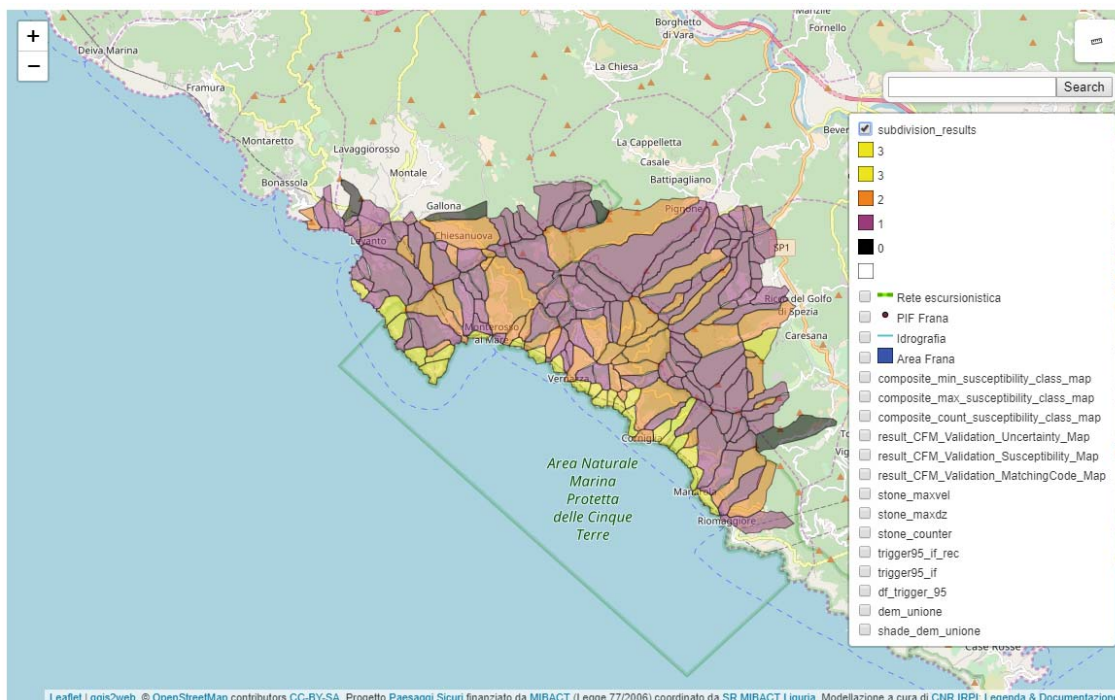


Figura 5: Menù di selezione delle mappe.

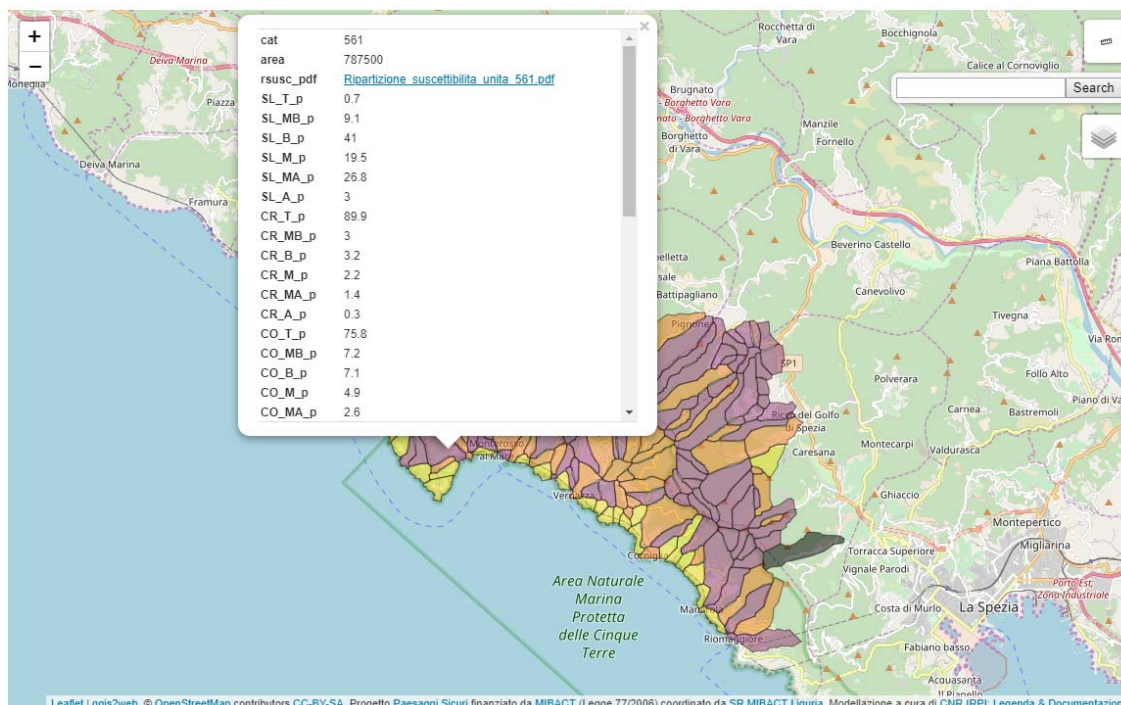


Figura 6: Menù di pop up a seguito dell'interrogazione dati.



Attraverso uno specifico strumento (Figura 5) è possibile aprire il menu di selezione delle diverse mappe o *layer* presenti nel sito e listati in Tabella 2. Se selezionate, le mappe sono visualizzate nell'interfaccia rendendo possibile l'analisi visiva delle distribuzioni delle zone a maggiore pericolosità e suscettibilità da frana. Nel caso di *layer* di tipo vettoriale, cliccando in uno specifico punto, è possibile interrogare le tabelle degli attributi i quali valori sono mostrati in un menù di pop up (Figura 6). Nel caso di interrogazione della mappa *subdivision_results* il menu di pop up che appare, consentirà anche l'accesso ai file pdf descritti al capitolo §2 utile ad una verifica di dettaglio della distribuzione spaziale delle zone a maggiore suscettibilità all'interno delle unità di versante.

Tabella 2: Mappe consultabili nell'interfaccia WebGIS.

Mappa	Descrizione
subdivision_results (layer suscettibilità composita a scala di versante)	Mappa vettoriale poligonale contenente i risultati dell'aggregazione dei dati di suscettibilità alla scala delle unità di versante
Rete escursionistica (layer rete escursionistica)	Mappa vettoriale lineare contenente un estratto della rete escursionistica ligure nella zona oggetto di studio
PIF Frana (layer PIF IFFI)	Mappa vettoriale puntiforme contenente un estratto PIF (Punto Identificativo Frana) dell'inventario IFFI ligure nella zona oggetto di studio
Idrografia (layer idrografia)	Mappa vettoriale lineare contenente un estratto dell'idrografia nella zona oggetto di studio
Area Frana (layer poligoni frana IFFI)	Mappa vettoriale poligonale contenente un estratto dei poligoni di frana dell'inventario IFFI ligure nella zona oggetto di studio
dem_unione (layer modello del terreno)	Mappa <i>raster</i> contenente un estratto del modello digitale del terreno della Regione Liguria con risoluzione pari a 5m nella zona oggetto di studio
shade_dem_unione (layer rilievo ombreggiato)	Mappa <i>raster</i> contenente un estratto del rilievo ombreggiato generato dal modello digitale del terreno della Regione Liguria con risoluzione pari a 5m nella zona oggetto di studio
composite_count_susceptibility_class_map (layer valore conteggio mappa suscettibilità composita)	Mappa <i>raster</i> del conteggio suscettibilità composita a livello di <i>pixel</i>
composite_min_susceptibility_class_map (layer valore minimo mappa suscettibilità composita)	Mappa <i>raster</i> del minimo suscettibilità composita a livello di <i>pixel</i>
composite_max_susceptibility_class_map (layer valore massimo mappa suscettibilità composita)	Mappa <i>raster</i> del massimo suscettibilità composita a livello di <i>pixel</i>
result_CFM_Validation_MatchingCode_Map (layer errori suscettibilità per frane di tipo scivolamento)	Mappa <i>raster</i> delle previsioni corrette e degli errori del modello di suscettibilità CFM per frane di tipo scivolamento (4 classi)
result_CFM_Validation_Susceptibility_Map (layer suscettibilità per frane di tipo scivolamento)	Mappa <i>raster</i> di suscettibilità CFM per frane di tipo scivolamento (5 classi)
result_CFM_Validation_Uncertainty_Map (layer incertezza suscettibilità per frane di tipo scivolamento)	Mappa <i>raster</i> delle incertezze del modello di suscettibilità CFM per frane di tipo scivolamento
stone_counter (layer suscettibilità per frane di tipo crollo)	Mappa <i>raster</i> di suscettibilità per frane di tipo crollo riclassificata a partire dal conteggio delle traiettorie dei massi (5 classi)
stone_maxdz (layer altezza massima massi per frane di tipo crollo)	Mappa <i>raster</i> dalla massima altezza delle traiettorie dei massi
stone_maxvel (layer velocità massima per frane di tipo crollo)	Mappa <i>raster</i> dalla massima velocità dei massi
trigger95_if (layer conteggio traiettorie per frane di tipo colata)	Mappa <i>raster</i> del conteggio delle traiettorie delle colate
trigger95_if_rec (layer suscettibilità per frane di tipo colata)	Mappa <i>raster</i> di suscettibilità per frane di tipo colata
df_trigger_95 (layer aree sorgenti per frane di tipo colata)	Mappa <i>raster</i> delle aree sorgenti di colata



4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Guzzetti, F., Crosta, G., Detti, R., Agliardi, F., 2002. STONE: a computer program for the three-dimensional simulation of rock-falls. *Comput. Geosci.* 28, 1079–1093. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00025-0)
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ghigi, S., 2004. Rockfall Hazard and Risk Assessment Along a Transportation Corridor in the Nera Valley, Central Italy. *Environ. Manage.* 34, 191–208. <https://doi.org/10.1007/s00267-003-0021-6>
- Mergili, M., Krenn, J., Chu, H.-J., 2015. r.randomwalk v1, a multi-functional conceptual tool for mass movement routing. *Geosci. Model Dev.* 8, 4027–4043. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-4027-2015>
- Rossi, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Mondini, A.C., Peruccacci, S., 2010. Optimal landslide susceptibility zonation based on multiple forecasts. *Geomorphology* 114, 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.06.020>
- Rossi, M., Reichenbach, P., 2016. LAND-SE: a software for statistically based landslide susceptibility zonation, version 1.0. *Geosci. Model Dev.* 9, 3533–3543. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3533-2016>