



National Research
Council of Italy



Research Institute for Geo-
Hydrological Protection

webinar Debris Flows

Lorenzo Marchi
lorenzo.marchi@cnr.it

15 Giugno 2021



1. Definizioni e classificazione
2. Fenomenologia delle colate detritiche (con esempi da bacini attrezzati)
3. Identificazione delle aree di pericolo
4. Misure di controllo



Colata detritica: una miscela solido-liquida ad elevata concentrazione che scorre lungo un canale o su un versante

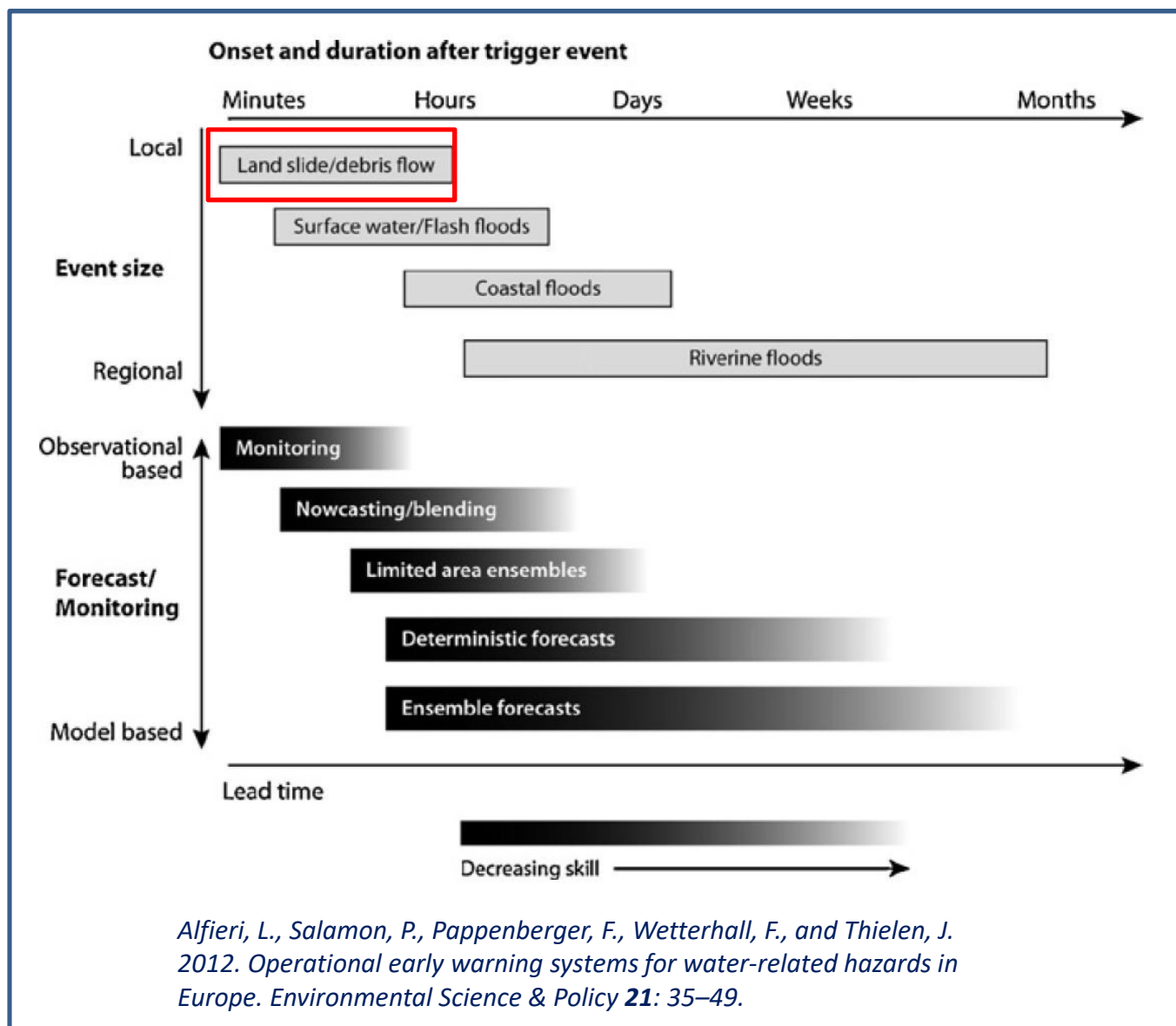
Movimenti di massa intermedi fra le frane e le piene torrentizie

Nelle colate detritiche il sedimento è incorporato nel flusso in modo irreversibile: acqua e sedimento si muovono alla stessa velocità

Le colate detritiche determinano gravi condizioni di pericolo e rischio in molte regioni montane



Scale spaziali e temporali





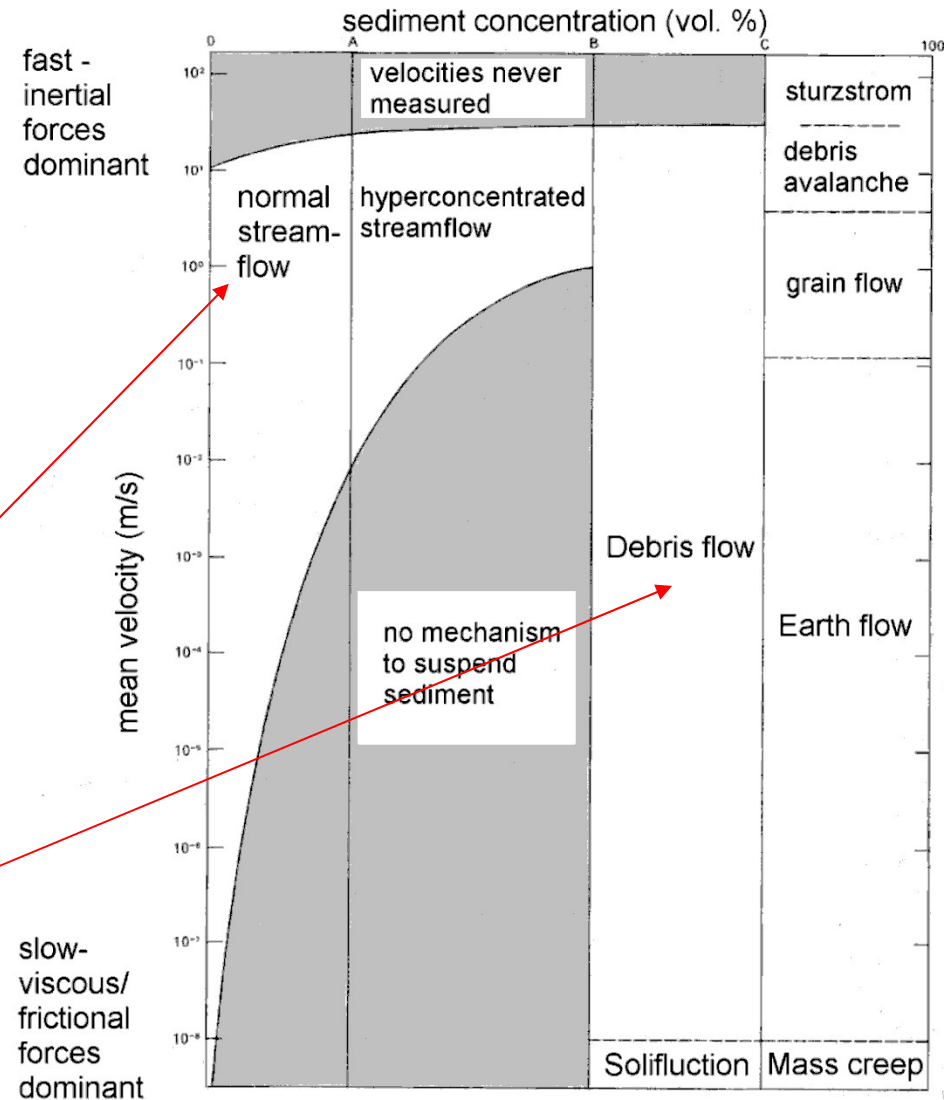
Classificazione dei processi



Pierson e Costa, 1987

- Una classificazione basata sulla reologia.
- Variabili considerate: concentrazione solida e velocità.

$$C_v = \frac{V_s}{V} ; C_v > 0.50$$



FLUID TYPE	NEWTONIAN	NON-NEWTONIAN	
INTERSTITIAL FLUID	WATER	WATER+FINES	WATER+AIR+FINES
FLOW CATEGORY	STREAMFLOW		GRANULAR FLOW
FLOW BEHAVIOR	LIQUID	PLASTIC	



Processi (e metodi di analisi) fra idraulica e scienze della terra (geomorfologia / geotecnica).

Condizioni necessarie per il verificarsi di colate detritiche:

- pendenze elevate;
- disponibilità di detrito mobilizzabile, di granulometria eterogenea;
- importanti apporti idrici.



Caratteristiche generali



Rio Gadria (Alto Adige) – 5 Agosto 2011

Prima onda dell'evento



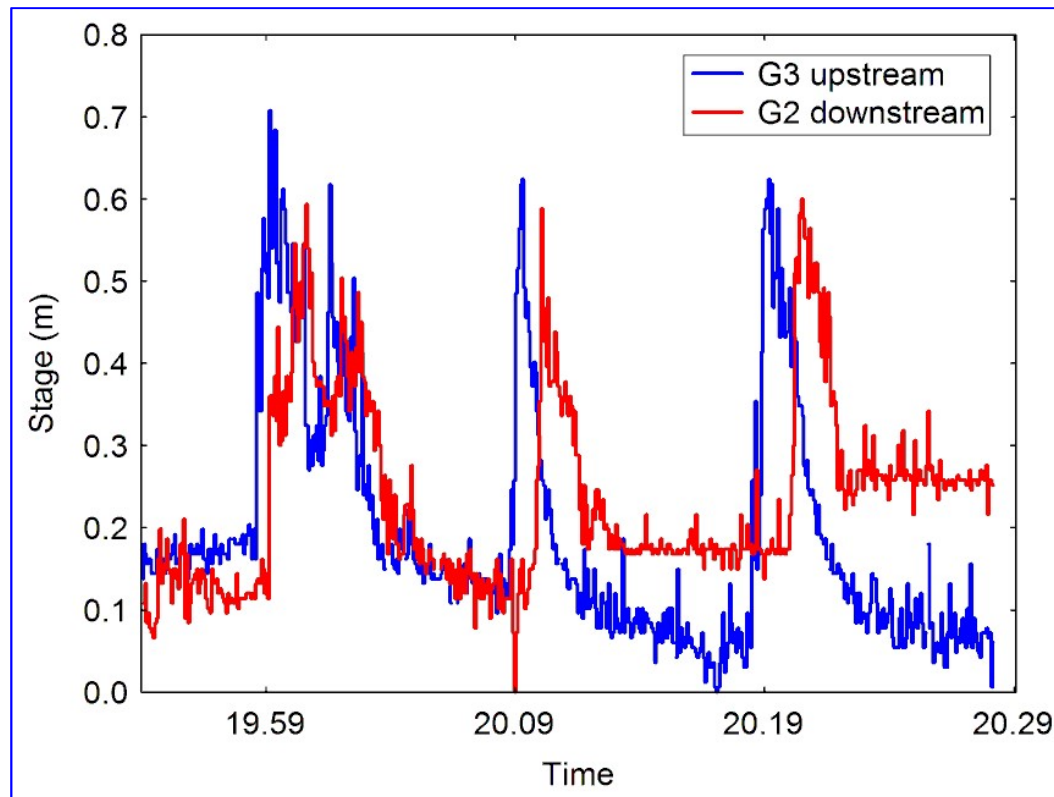
Terza onda dell'evento



- Evento di modesta intensità
- Tre pulsazioni con caratteristiche diverse



Idrogrammi delle colate detritiche



Surge	Time		Mean velocity (m/s)
1	Upstream	19.59.51	2.5
	Downstream	20.00.22	
2	Upstream	20.10.30	1.7
	Downstream	20.11.16	
3	Upstream	20.20.40	1.0
	Downstream	20.22.00	

Rio Gatria (Alto Adige) – 18 Luglio 2013

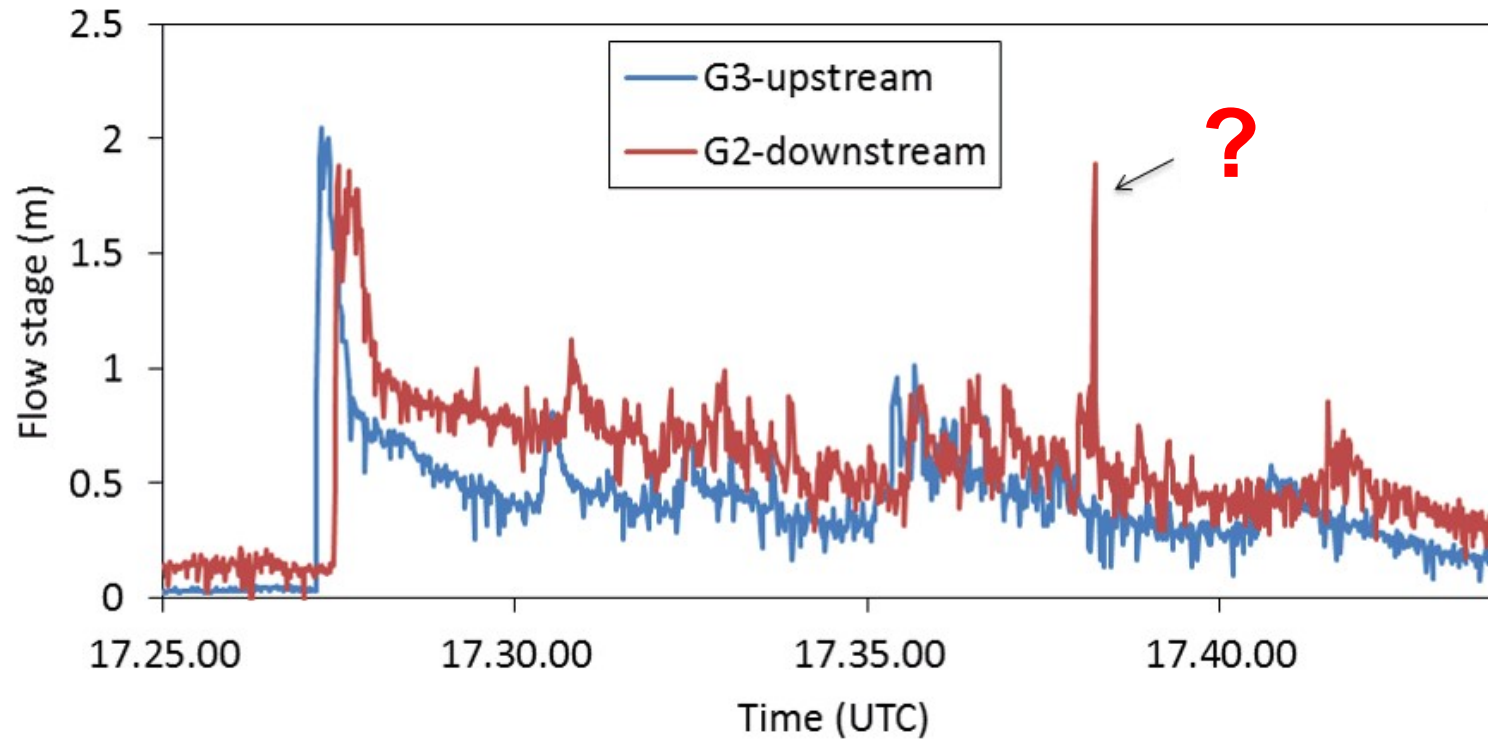


- Evento di intensità medio-alta (nel contesto del bacino interessato)
- Improvvisa comparsa del fronte della colata, non preceduto da un'onda “precorritrice”

www.youtube.com/watch?v=DXA7D82S4Ow



18 Luglio 2013



Mean flow velocity of the peak (m s^{-1})	Mean flow velocity of the surge * (m s^{-1})	Peak discharge ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Volume (m^3)
5.7	5.0	80 – 90	10000

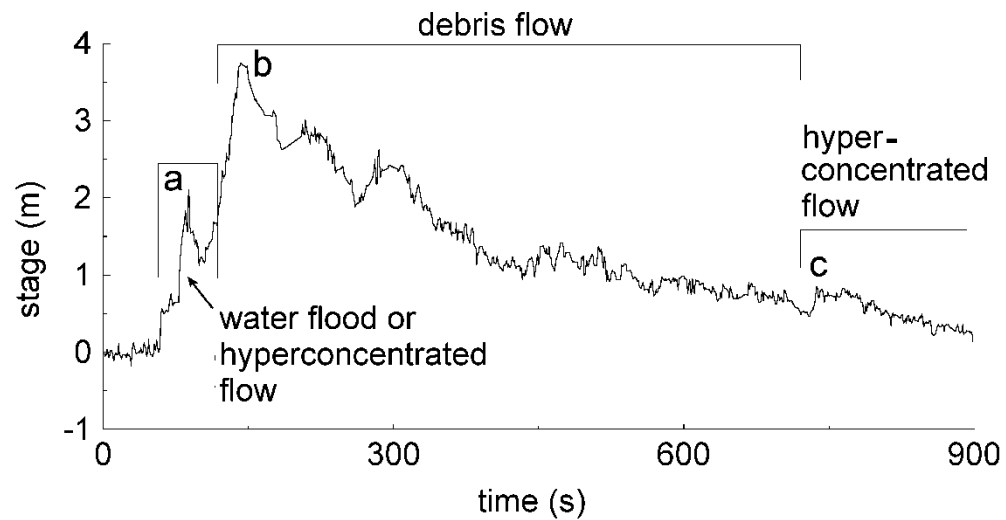
* From cross-correlation



Variabilità nel corso di un evento

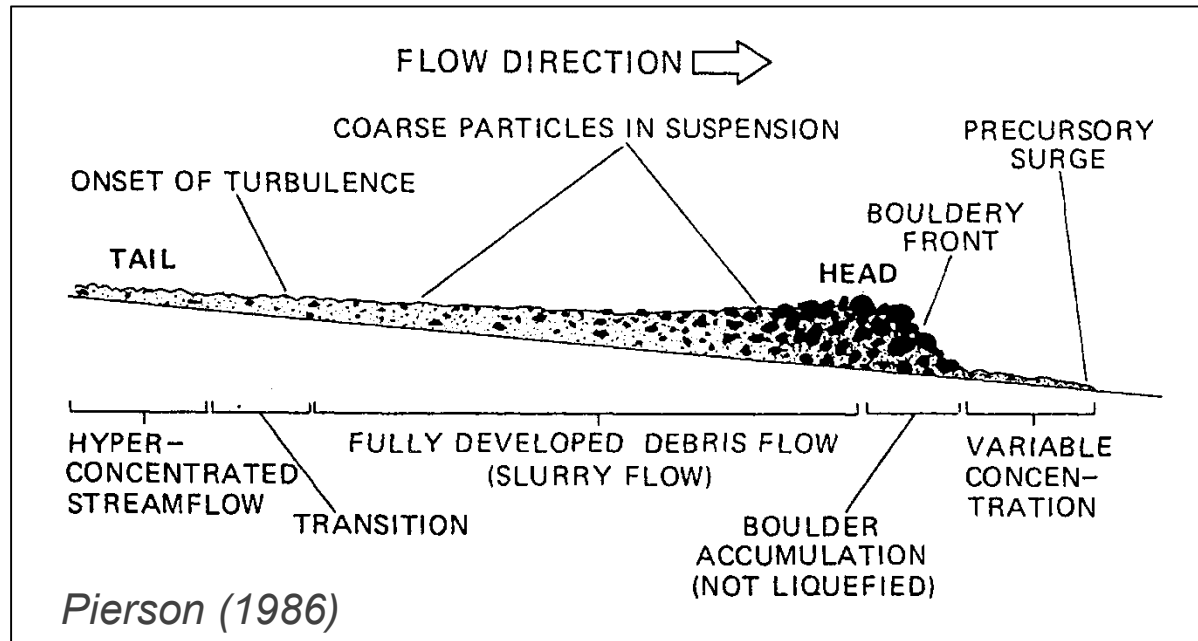


Torrente Moscardo (Friuli)





Variabilità nel corso di un evento



Onda turbolenta iniziale:
non sempre è presente



Fase di esaurimento:
inizio turbolenza

Torrente
Moscardo



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE





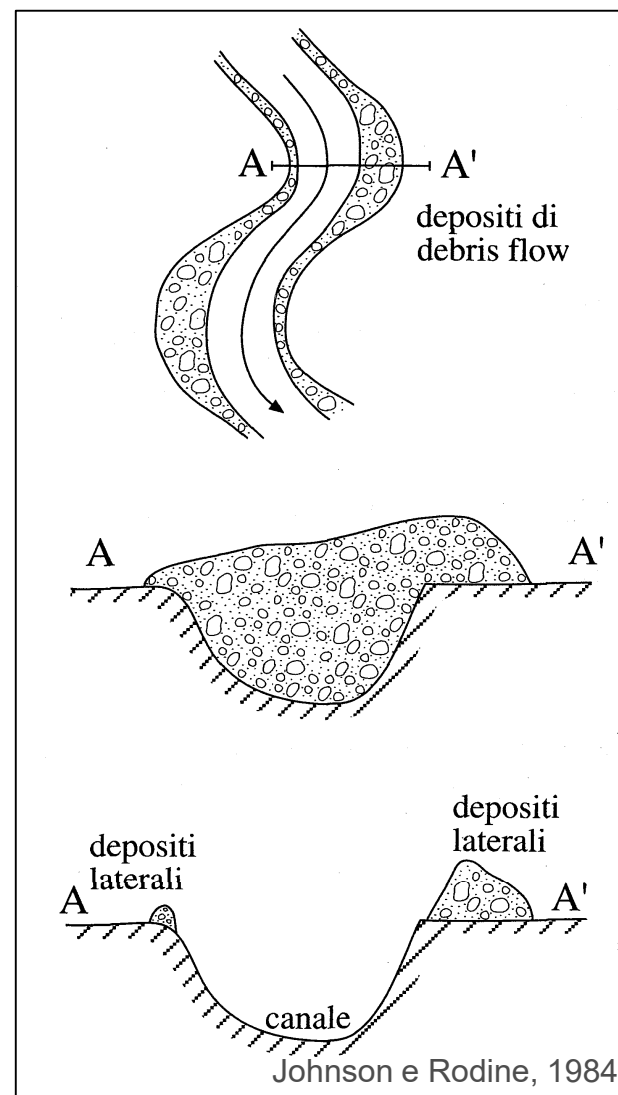
Depositi – argini laterali



Depositi di colata detritica in forma di argini laterali si trovano spesso lungo il corso dei torrenti all'interno del bacino e nella parte superiore dei conoidi alluvionali.

Questi depositi sono sovente caratterizzati dalla presenza dei clasti di maggiori dimensioni nella loro parte superiore.

La formazione di questi depositi è riconducibile ad un debordamento laterale del fronte della colata, caratterizzato da profondità di flusso maggiori rispetto alla restante parte.





Colate detritiche a matrice fangosa



Torrente Moscardo (Alpi Carniche).
(Foto A.M. Deganutti)

Argini laterali a sommità arrotondata, ricchi di materiale fino; il materiale grossolano è immerso nella matrice fine e sostenuto da questa (matrix-supported).

Colate detritiche granulari



Torrente Rotiano (Trentino occidentale)

Argini laterali a sommità arrotondata, con scarsa presenza di materiale fino; massi e ciottoli sono a contatto fra loro (clast-supported).



Depositi – lobi terminali



Depositi di forma lobata, composti da detrito di granulometria fortemente eterogenea, sono caratteristici delle colate detritiche. Questi depositi si osservano solitamente sui conoidi alluvionali, ma possono presentarsi anche in forma di lobi laterali ai lati del canale di scorrimento. A seconda della litologia del bacino, possono contenere massi di dimensioni diverse.

Esempio: colate detritiche a matrice fangosa: Lobi di forma ben definita, caratterizzati da una terminazione frontale molto brusca, ricchi di matrice fine.



Arroyo del Medio (Rep. Argentina)



Rio Garosio (Friuli)
Torrente Mozza (Friuli)



Depositi: significato diagnostico



Depositi lobati ed argini laterali
riconoscibili nel bosco



Grandi massi isolati sulla superficie del conoide



Superficie del conoide irregolare, presenza
di massi sparsi





Depositi: significato diagnostico



Tracce sulla vegetazione: cicatrici da impatto e da abrasione.

Questione da porsi per valutarne il significato diagnostico: “Potrebbero essere state provocate anche da una piena con trasporto solido?”

Attenzione alle caratteristiche dei depositi eventualmente presenti, all'altezza raggiunta, ecc.

Colate detritiche: netta separazione fra le aree con vegetazione danneggiata e quelle con vegetazione non toccata dai depositi.





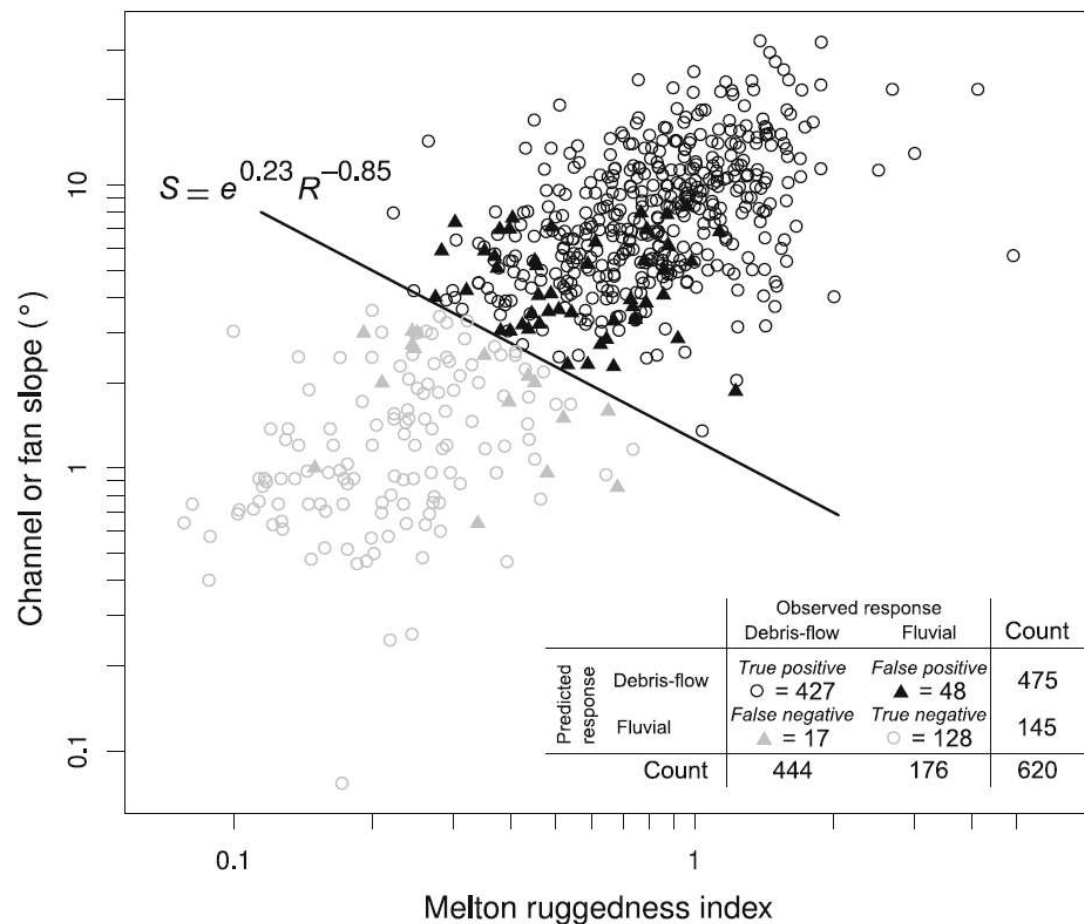
Bacini e conoidi da debris flow: un approccio morfometrico al riconoscimento



Numero di Melton (M): un indice dell'acclività del bacino

$$M = \frac{(H_{max} - H_{min})/1000}{\sqrt{A}}$$

H_{max} è l'altitudine massima nel bacino (m), H_{min} è l'altitudine minima nel bacino, corrispondente alla quota dell'apice del conoide (m) e A è l'area del bacino (km²).



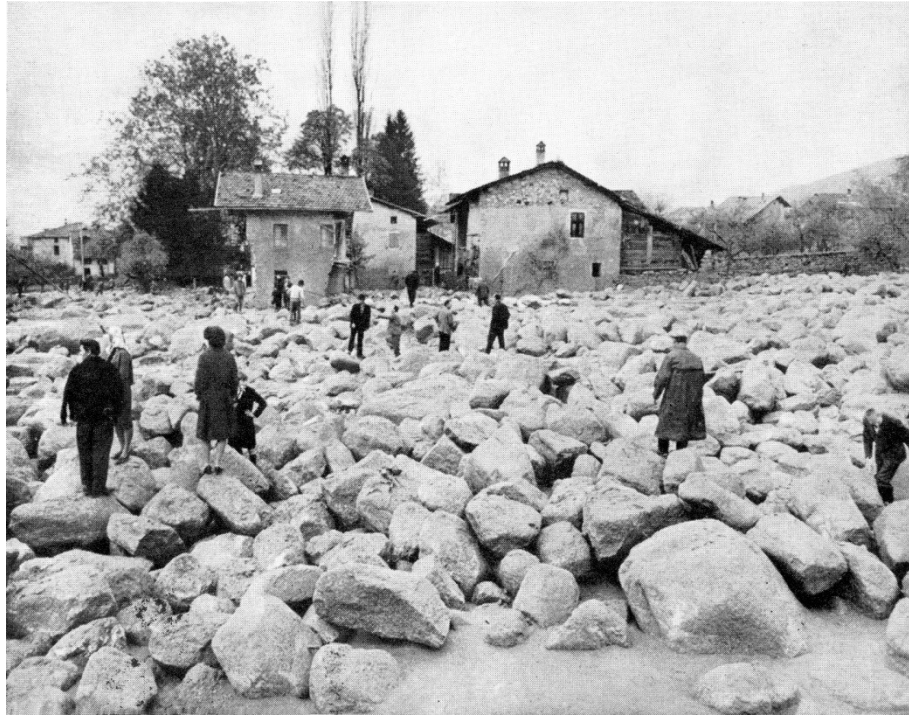
Relazione fra pendenza del conoide e numero di Melton, con indicazione della linea che separa conoidi da colata detritica da conoidi edificati da trasporto solido fluviale (da Bertrand et al., 2013).



- apporto improvviso e spazialmente localizzato di grandi quantità di sedimento
- alterazione della composizione granulometrica dell'alveo
- erosione del conoide formato dalle colate detritiche
- possibile ostruzione dell'alveo del corso d'acqua principale



Deposito su un conoide urbanizzato



Torrente Chieppena (Provincia di Trento)
Novembre 1966





Danni agli edifici



Zona d'impatto diretto



Zona d'impatto indiretto

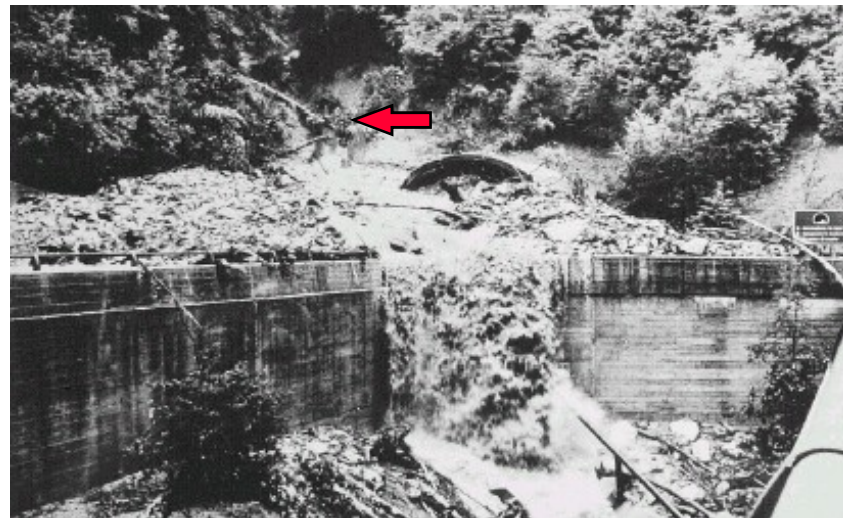


Ostruzione di un tunnel autostradale



Autostrada A23 –
(Udine – Tarvisio – Villach)

Giugno 1996



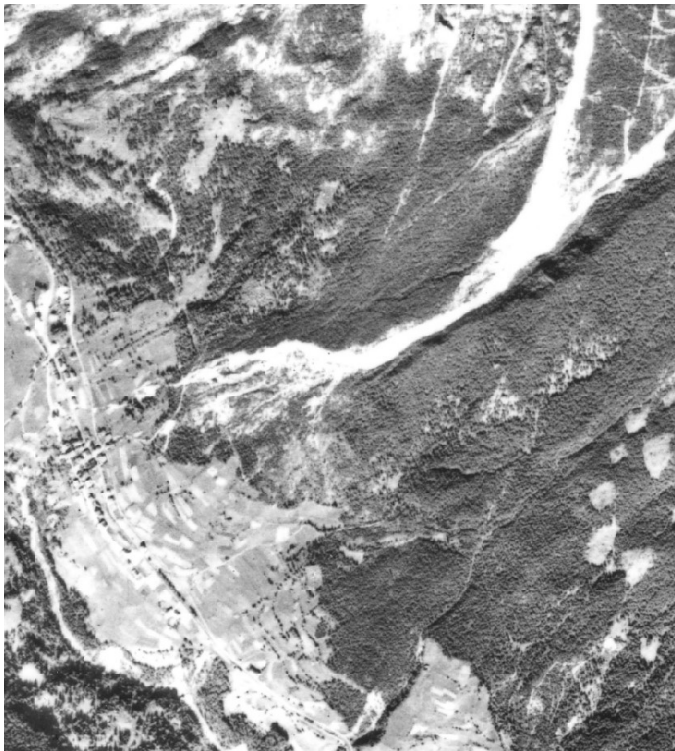


Rovina di Cancia (Dolomiti)

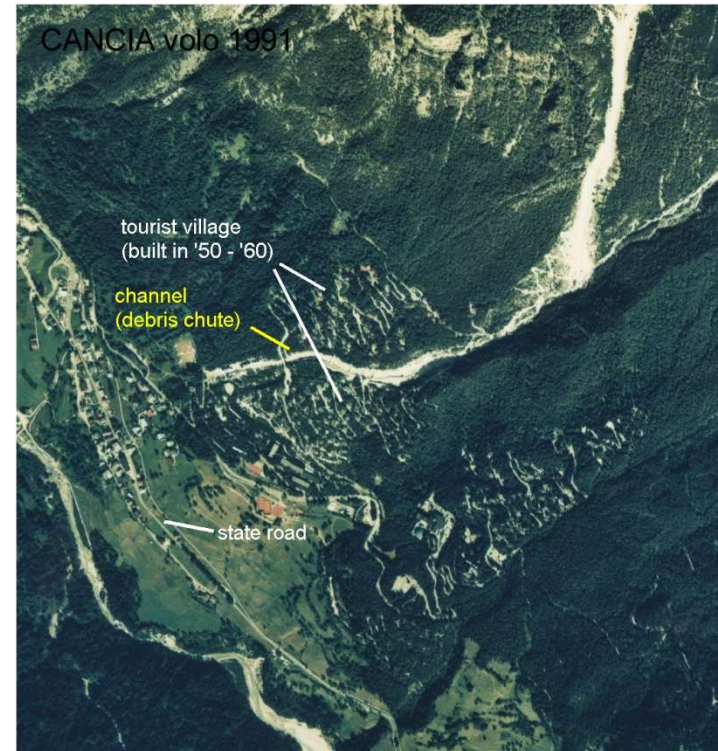
Area bacino: 1.8 km²

Quota min-max: 1010 - 3263 m

Urbanizzazione del conoide alluvionale



1954



1991



27 luglio 1868

Volume colata detritica: circa 100000 m³

12 vittime



Espansione della rete viaria e
traffico accresciuto

Espansione urbana su conoidi
alluvionali



Nuovi elementi a rischio:
accresciuta vulnerabilità

Aumento della frequenza e della
severità delle colate detritiche?



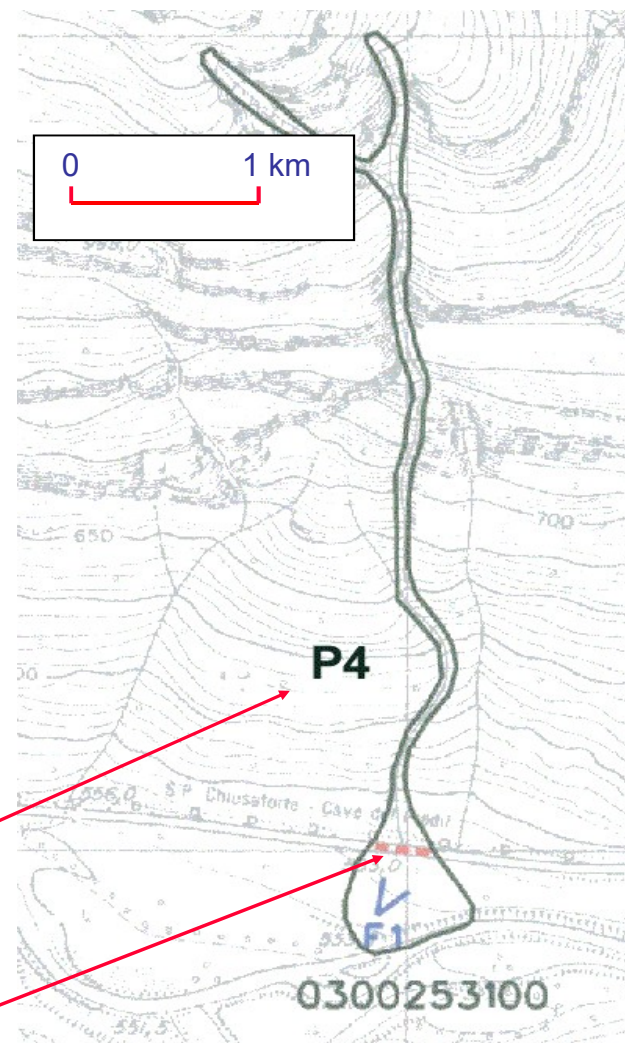
Identificazione preliminare delle aree di pericolo a scala regionale

Fonti di dati e metodi di analisi

- bibliografia (anche “gray literature”)
- documentazione storica
- fotointerpretazione
- rilievi di terreno

Finalità e risultati

- individuazione delle priorità per interventi di riduzione del rischio
- mappatura delle aree di pericolo (valutazione qualitativa)

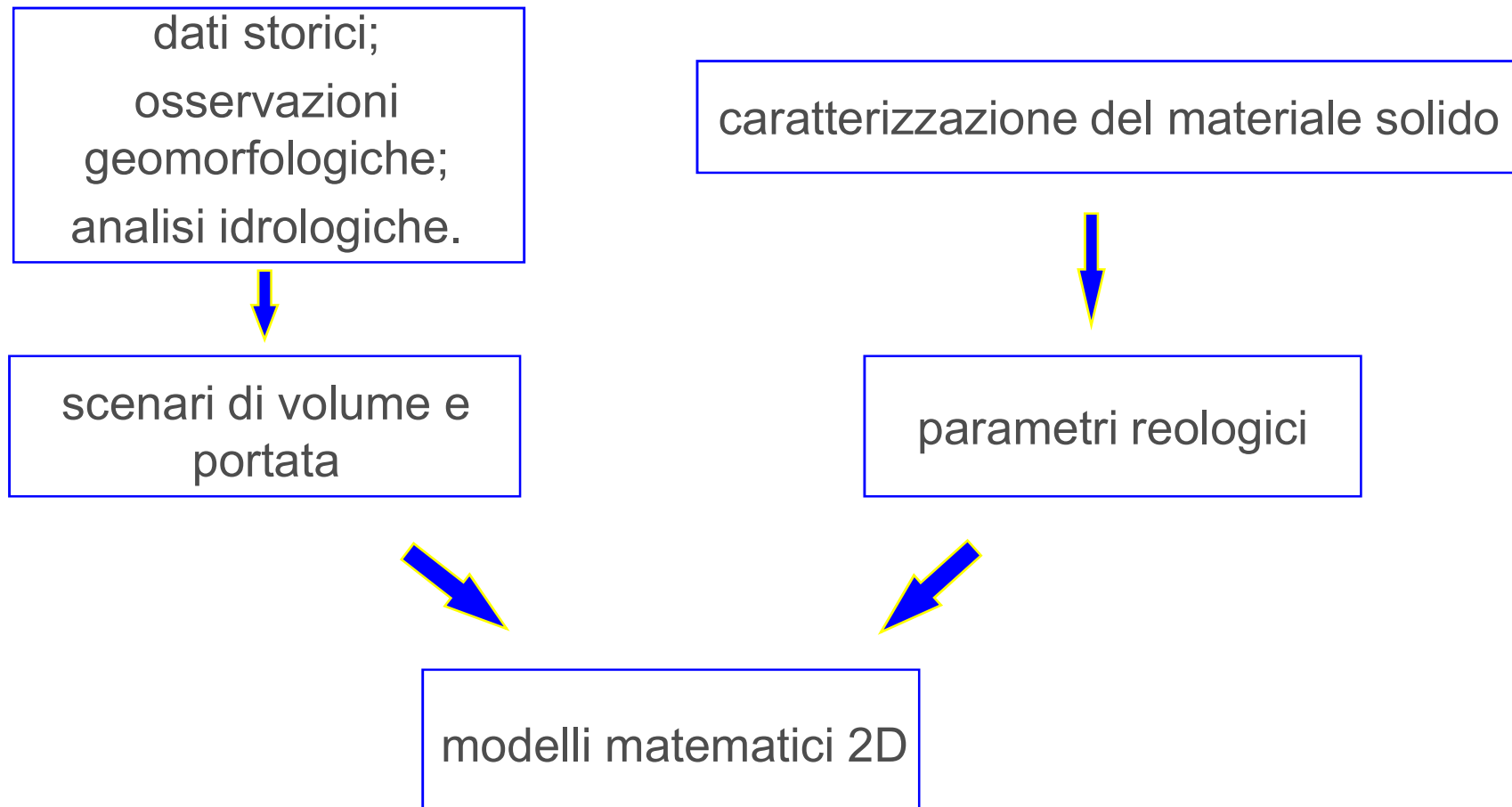


classe di pericolo

elemento a rischio



Aree di pericolo e pericolosità: approccio integrato all'analisi modellistica

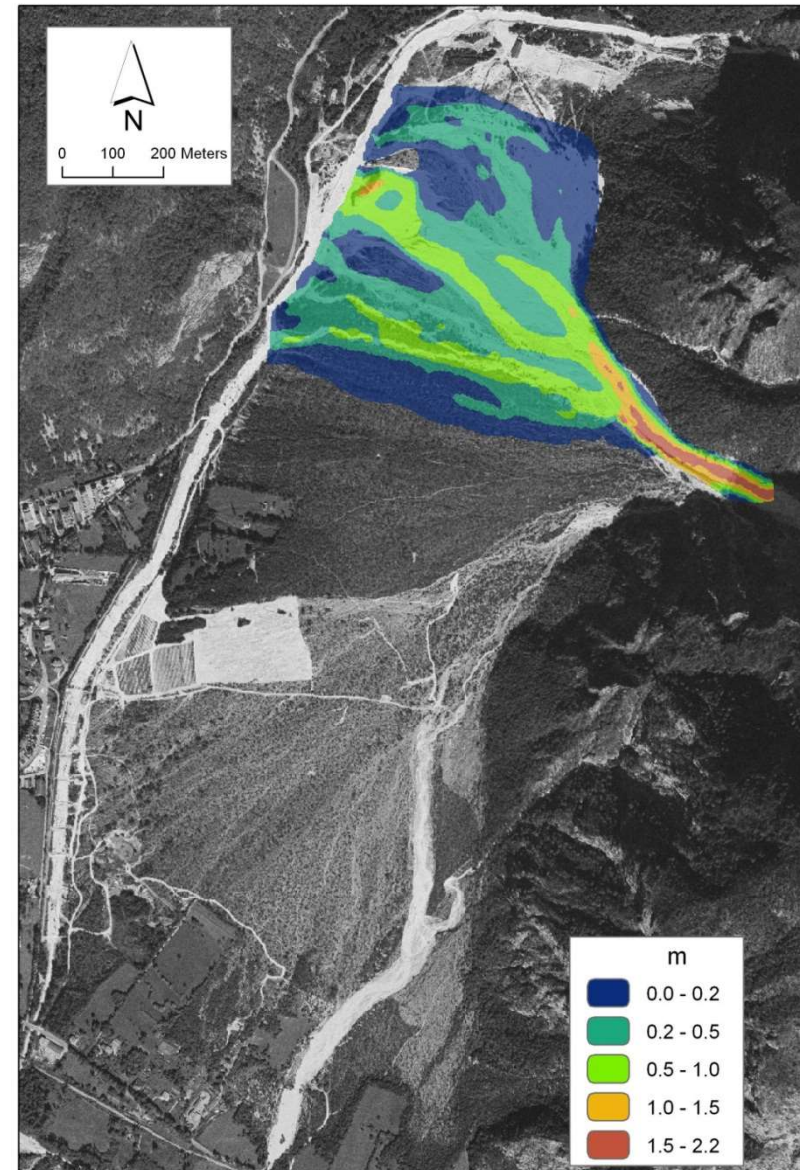




Analisi modellistica 2-D

Determinazione e mappatura di
velocità, profondità di flusso,
spessore dei depositi...

- Modelli a fondo mobile e fondo fisso
- Modellazione dell'erosione





Dalla pericolosità al rischio: quando le colate detritiche interferiscono con entità vulnerabili.

Misure per la riduzione del rischio

- Misure non strutturali:
 - limitazioni all'uso del suolo
 - sistemi di allertamento
- Misure strutturali: opera di difesa

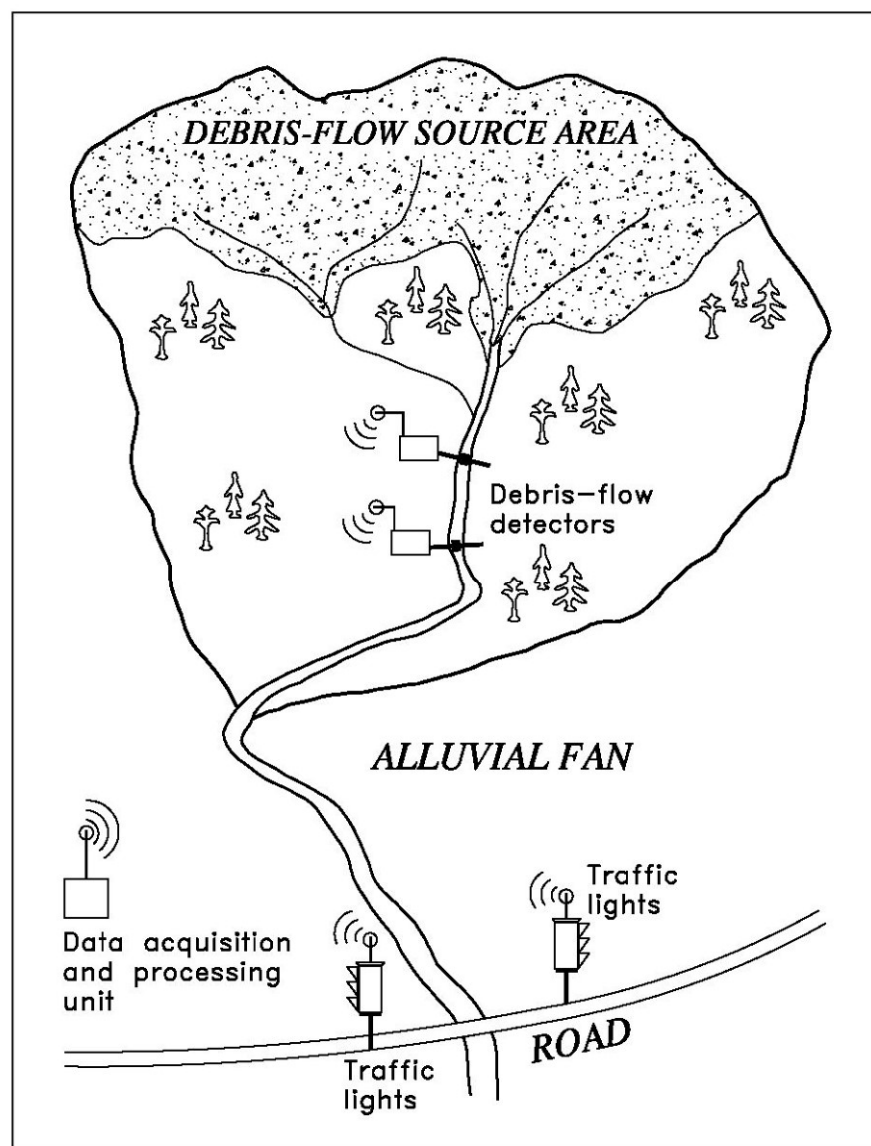


- Identificare le aree di pericolo
- Imporre limitazioni all'uso del suolo
- Usi consentiti: agricoltura, allevamento...

E se già esistono insediamenti nelle aree di pericolo?

Rilocalizzazione? Solitamente molto difficile da realizzare (pressioni sociali ed economiche)





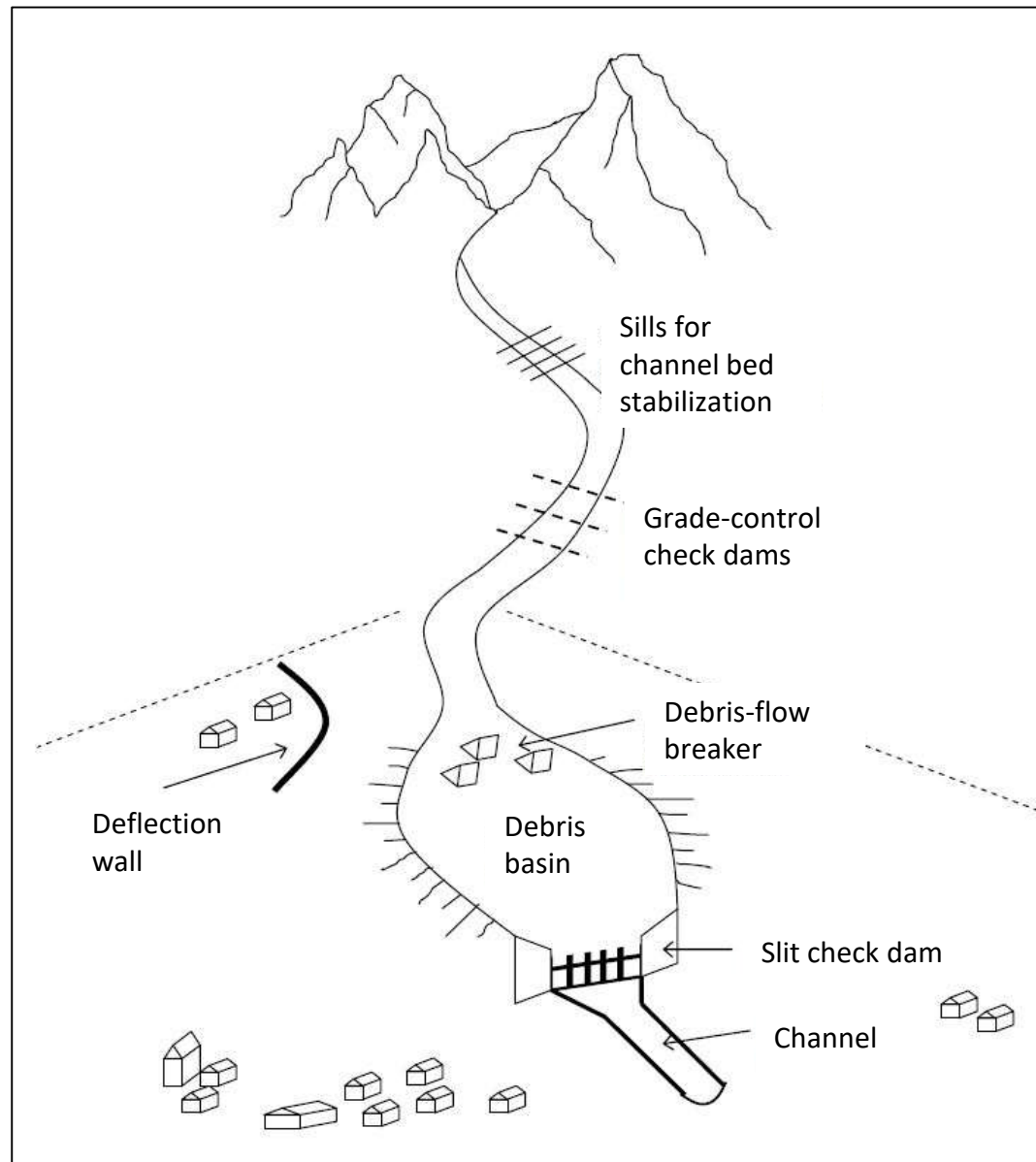


- Breve durata dei fenomeni
- Tempi di preannuncio molto brevi (fino a qualche minuto)
- Utili per le vie di comunicazione
- Aree urbane: a supporto di opere strutturali





Misure strutturali





Misure strutturali: piazze di deposito e briglie filtranti



Principio:

costruzione di una briglia aperta e formazione di un bacino per la raccolta del sedimento a monte di essa



Siti utilizzabili:

Aree sul conoide alluvionale
o in prossimità dell'apice
del conoide



Misure strutturali: piazze di deposito e briglie filtranti



Considerazioni sulla progettazione:

- volume stoccabile (idealmente l'intero volume trasportabile in un singolo evento);
- angolo di deposito del materiale;
- trasporto di material legnoso;
- dimensionamento del canale a valle della briglia;
- manutenzione della struttura e rimozione del materiale depositato.





Danni alle briglie



(Foto Prof. Marco Borga, Università di Padova)



Danni alle briglie





versante a monte di
Pescara del Tronto





Castelsantangelo sul Nera: uno studio della suscettibilità da colata detritica



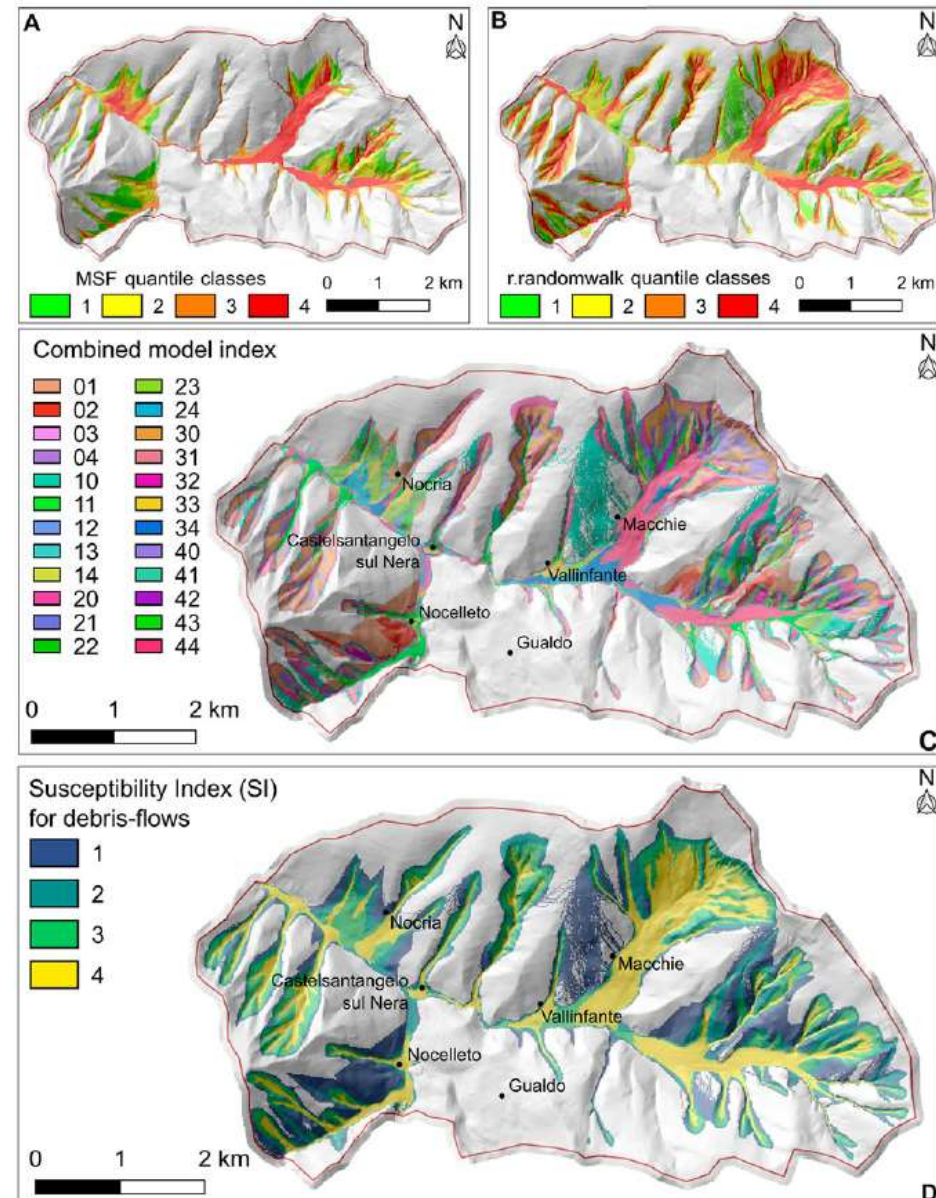
Exposure to landslides in rural areas in Central Italy

Santangelo et al. (2020)

<https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1746699>

Applicazione di due modelli semplificati (Modified Single Flow Direction e r.randomwalk)

		MSF quantile classes					Susceptibility Index (SI) for debris-flow
		0	1	2	3	4	
r.randomwalk quantile classes	0	00	01	02	03	04	0
	1	10	11	12	13	14	1
	2	20	21	22	23	24	2
	3	30	31	32	33	34	3
	4	40	41	42	43	44	4





- Colate detritiche: processo di caratteristiche particolari, intermedie fra piene torrentizie e frane
- Fonte di pericolo e rischio in molte regioni montane
- Diversi approcci disponibili per l'analisi
- Misure di controllo strutturali e non-strutturali

