



FREIE UNIVERSITÄT BOZEN
LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO
FREE UNIVERSITY OF BOZEN - BOLZANO

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik | Facoltà di Scienze e Tecnologie | Faculty of Science and Technology



Ripartizione Opere Idrauliche
Provincia Autonoma di Bolzano



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Bolzano, 9 Giugno 2011

**PERICOLOSITÀ IDRAULICA NEL TERRITORIO
MONTANO ITALIANO ED APPLICAZIONE DELLA
DIRETTIVA EUROPEA ALLUVIONI**

MODELLAZIONE DELLE COLATE DETRITICHE E DI FANGO

Aronne Armanini



Università degli Studi di Trento
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
CUDAM

Colata di detriti alpina nel bacino sperimentale di Acquabona (BL)



Courtesy of Prof. R.Genevois, Università di Padova

- Matrice fluida con sedimenti (bifase):
- Granulometria altamente non omogenea;
- "Galleggiamento" dei grandi massi;
- Trasporto solido "en masse";
- Azione della gravità

Funzione dei modelli matematici

Assegnata la portata (idrogramma), il modello fornisce, lungo tutta l'asta (conoide):

1. Velocità (forze di impatto dinamico)
2. Tiranti (esondazioni)
3. Depositi (esondazioni)
4. Erosioni (collassi strutture).

Consente di mappare la pericolosità

"dati di input" modelli matematici

I modelli richiedono la conoscenza a priori di:

1. Caratterizzazione del/dei materiale/i (reologia)
2. Condizioni al contorno (valori delle incognite nelle sezioni di monte e valle).
3. Condizioni iniziali (valori delle incognite al tempo iniziale)
4. Geometria (almeno quella iniziale) (DTM).

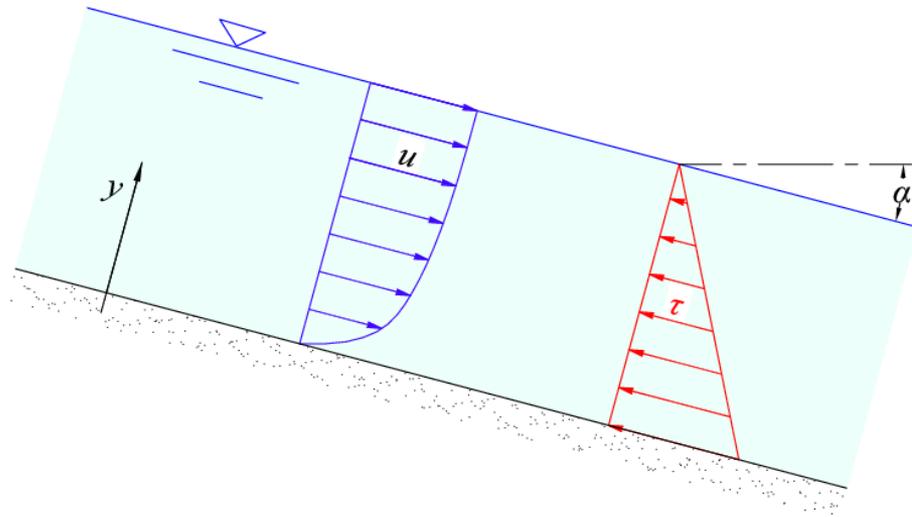
Caratterizzazione reologia del(dei) materiale(/i)

La Reologia:

relazione "locale" tra sforzi e velocità.

- E.g. fluidi newtoniani

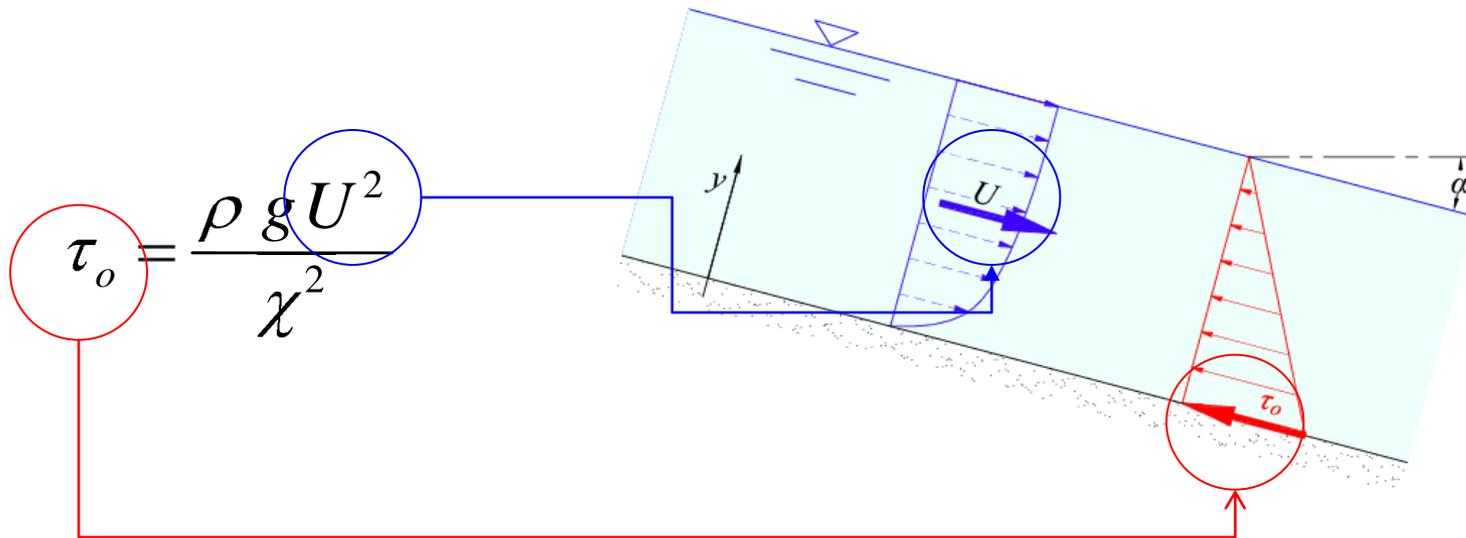
$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y}$$

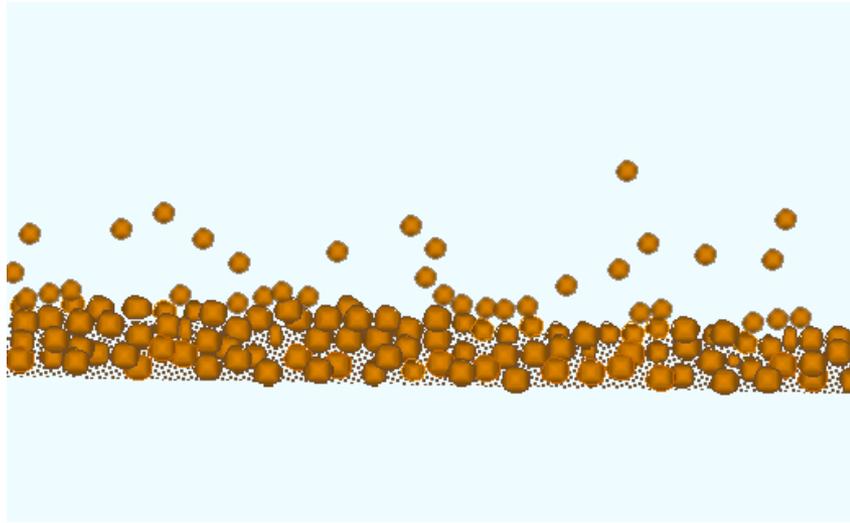


Caratterizzazione reologia del(dei) materiale(/i)

- Reologia "integrata":
i modelli riguardano le grandezze medie integrate sulla profondità.

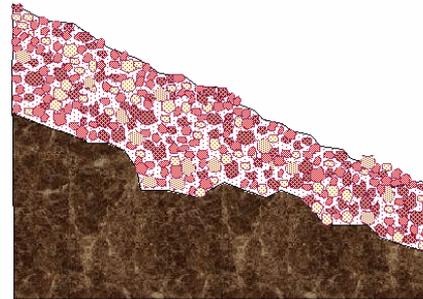
e.g. relazione di Chezy





Trasporto solido di
tipo idrodinamico.

Trasporto "en
masse"



Caratterizzazione reologia del(dei) materiale(/i)

- A **scala di grano** le colate sono sempre un "fluido" **bifase**.
- A **scala integrata** possono essere trattate come un fluido omogeneo.
- Il problema è di stabilire quali siano i **limiti** e i **vantaggi** di questa semplificazione;
- e quali siano i **vantaggi** e **gli svantaggi** a trattare le colate come fluido bifase.

Caratterizzazione reologica del(dei) materiale(/i)

- Bifasico {
- solido (granulare)
 - liquido (newtoniano, turbolento, non newtoniano)

Discriminante è l'azione della gravità, che tende a **separare le fasi** (sedimentazione) .

The **concentrazione del solido** non è sufficiente a stabilire la necessità dell'approccio bifasico.

Modelli idrodinamici (quasi) bifasici

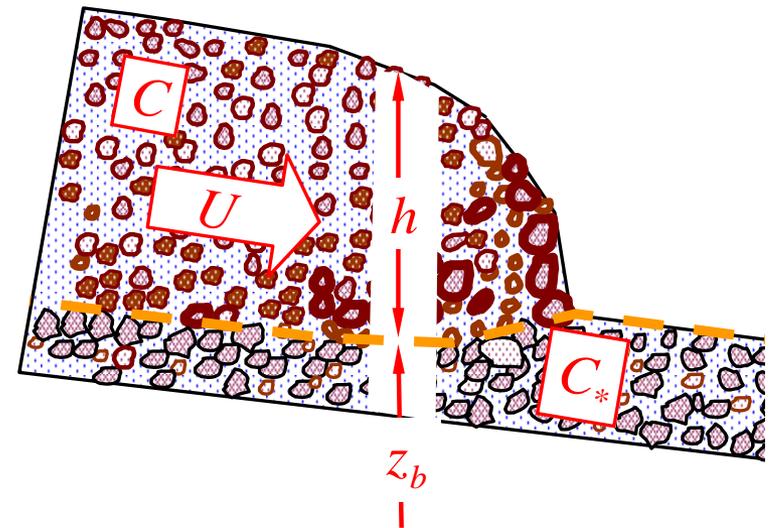
$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_m h U) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho_m h U^2) + g \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{1}{2} \rho_m h^2 \right) + gh \frac{\partial \rho_m z_b}{\partial x} = -\tau_o$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U}{\partial x} = 0$$

$$\rho_m = C \rho_s + (1 - C) \rho$$

$$\frac{\partial h C}{\partial t} + \frac{\partial h U C}{\partial x} + C^* \frac{\partial z_b}{\partial t} = 0$$

3 incognite: h U z_b



+ 2 variabili dipendenti dalle incognite: τ_o , C

2 equazioni di chiusura

Relazioni di chiusura. Nei modelli bifase è necessario:

- Assegnare una relazione per la **resistenza** (relazione **reologica**)

$$\tau_o = fct (U, h, d, \dots, C)$$

- Assegnare una **relazione di trasporto**

$$C = fct (U, h, d, \dots, \tau_o)$$

- In letteratura esistono molte formule e poche teorie.
- In generale vengono date **relazioni diverse per diverse classi di colate** (stony d.f., muddy d.f.,)

Caratterizzazione reologica del(dei) materiale(/i)

Approccio **monofasico**: la colata come **fluido omogeneo non newtoniano**.

1. La presenza del materiale solido fa **aumentare la viscosità apparente** del fluido (Einstein, 1905);

$$\mu = \mu_{fl} \left[1 + 2.5c \right]$$

2. Il problema dell'arresto della colata:
 - comportamento non Binghamiano (modello di Herschel-Bulkley).

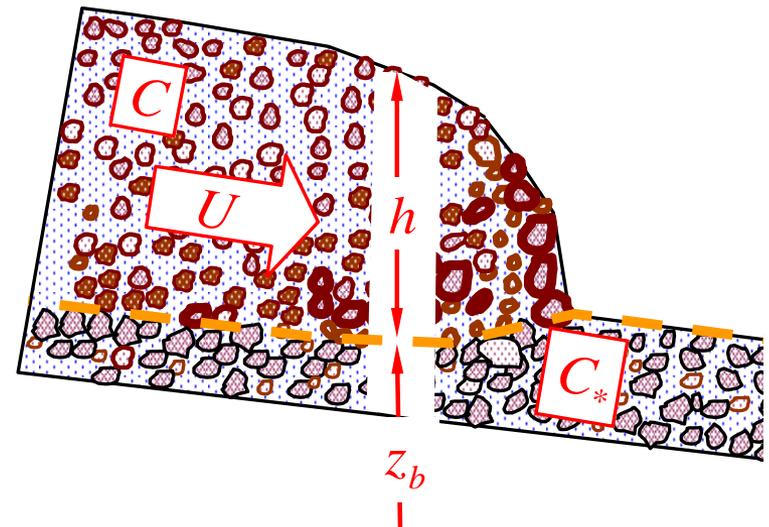
Modelli idrodinamici monifasici - fluido omogeneo

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_m h U) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho_m h U^2) + g \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{1}{2} \rho_m h^2 \right) + gh \frac{\partial \rho_m z_b}{\partial x} = -\tau_o$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U}{\partial x} = 0$$

~~$$\frac{\partial h C}{\partial t} + \frac{\partial h U C}{\partial x} + C^* \frac{\partial z_b}{\partial t} = 0$$~~

$$\rho_m = C \rho_s + (1 - C) \rho = \text{costante}$$

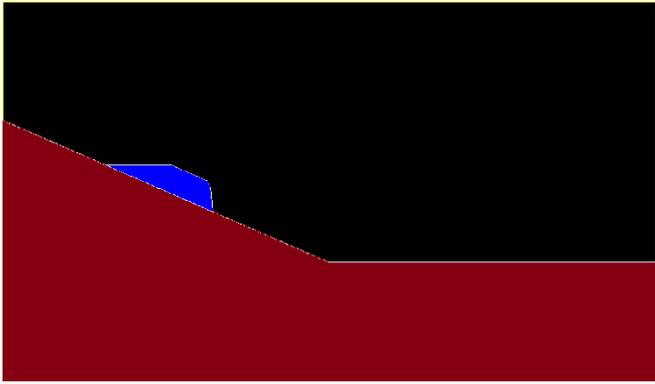


2 incognite: h U

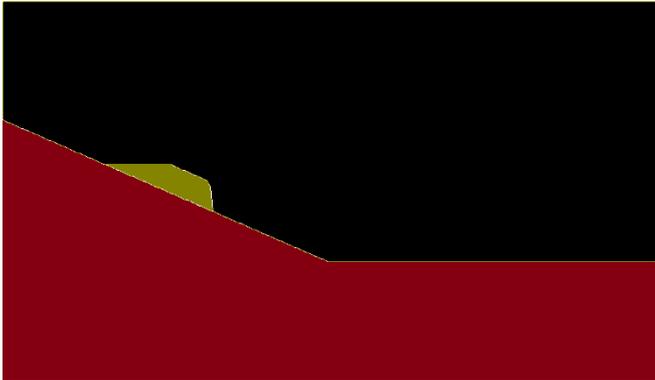
1 variabile dipendente: τ_o

1 equazioni di chiusura

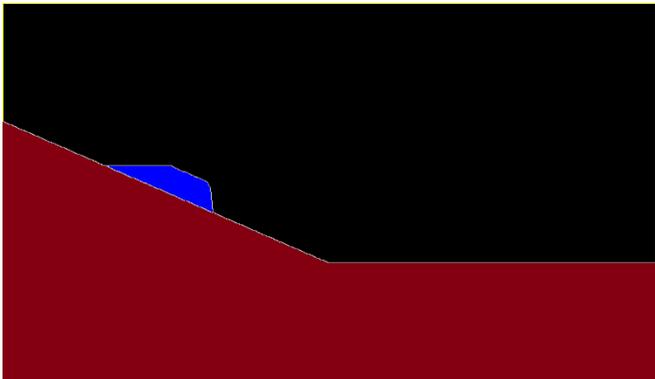
differenze sostanziali tra questi schemi:



- **modello fluido omogeneo
non-Binghamiano (newtoniano)**



- **modello fluido omogeneo
Binghamiano (Herschel-Bulkley)**



- **modello (quasi) bifase
(modello a fondo mobile)**

Caratteristiche numeriche dei modelli matematici

Caratteristiche delle equazioni differenziali:

1. La presenza dei **termini convettivi non lineari**
2. **L'accoppiamento**

Caratteristiche dello **schema numerico** di risoluzione:

1. **"discretizza"** le equazioni differenziali;
2. Spesso **"linearizza"** i termini non lineari;
3. Spesso **disaccoppia** le fasi.

Caratteristiche numeriche dei modelli matematici

I modelli numerici non sono tutti uguali, non solo per il tempo di calcolo, ma:

- bisogna conoscere bene i **limiti fisici e i limiti matematici** dei modelli;
- alcuni modelli **non sono** assolutamente **in grado di simulare** nemmeno gli stessi fenomeni per cui sono proposti.

Condizioni al contorno per i modelli di colata

Nei modelli **monofasici**:

- **Idrogramma** della mistura nella **sezione di ingresso**.
- Andamento nel tempo dei **livelli** nella sezioni di **ingresso** (correnti supercritiche) o di **uscita** (nelle correnti subcritiche).

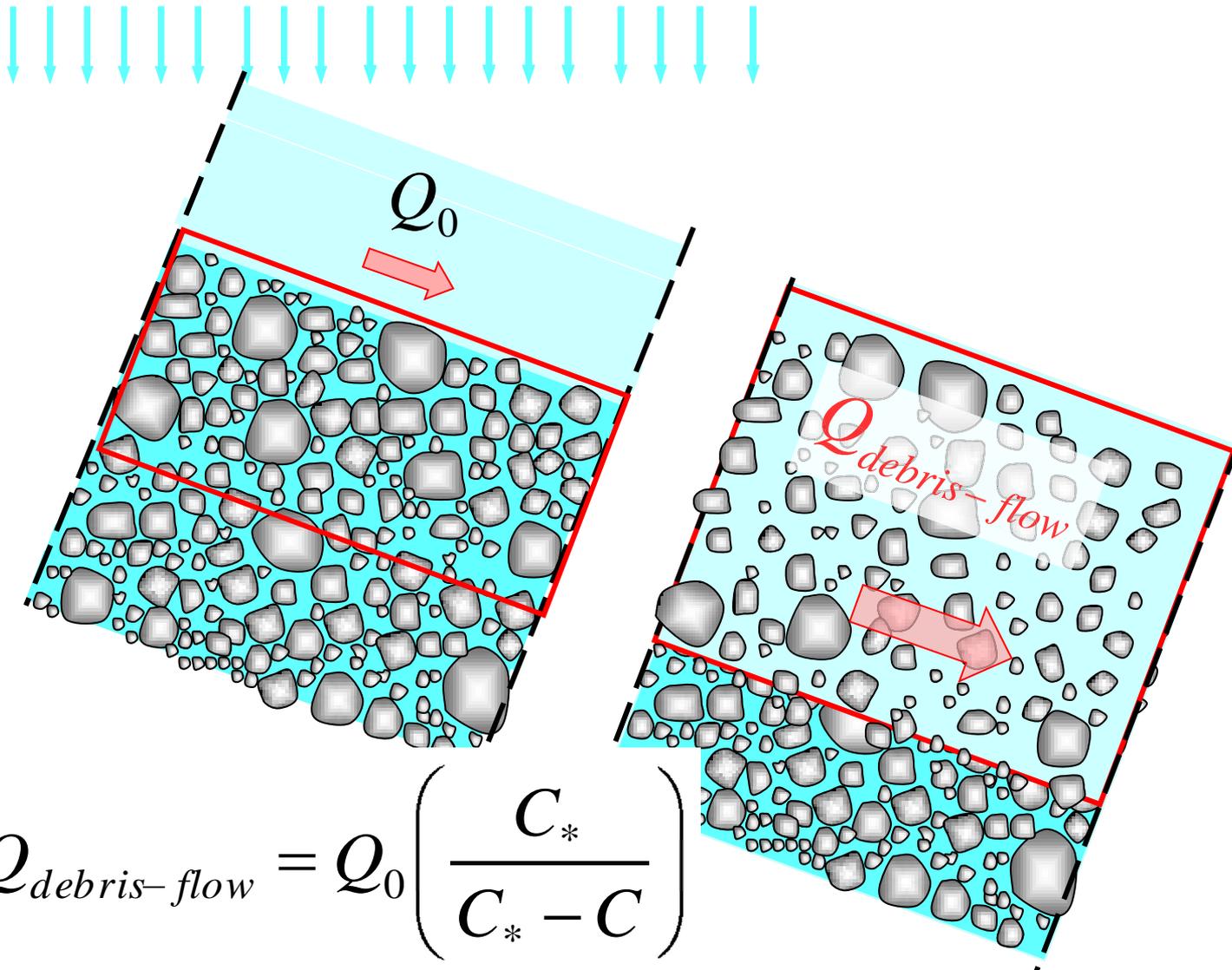
Condizioni al contorno per i modelli di colata

Nei modelli **bifasici**:

- Idrogramma della **portata liquida** nella sezione di **ingresso**;
- Idrogramma della **portata solida** nella sezione di **ingresso**;
- Andamento nel tempo dei **livelli** nella **sezione di valle** .

Il problema della portata solida a monte (fattore di amplificazione)

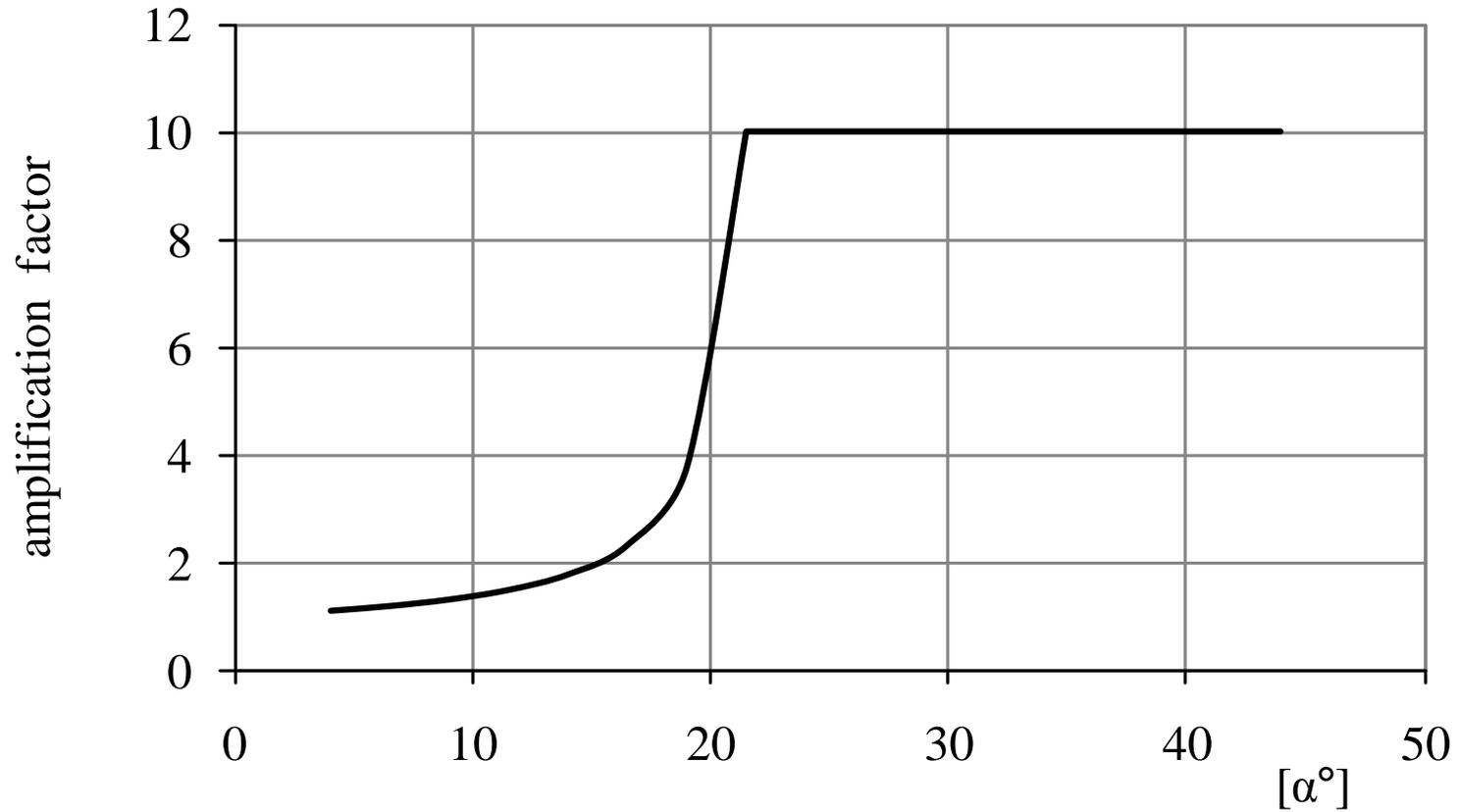
Fattore di amplificazione



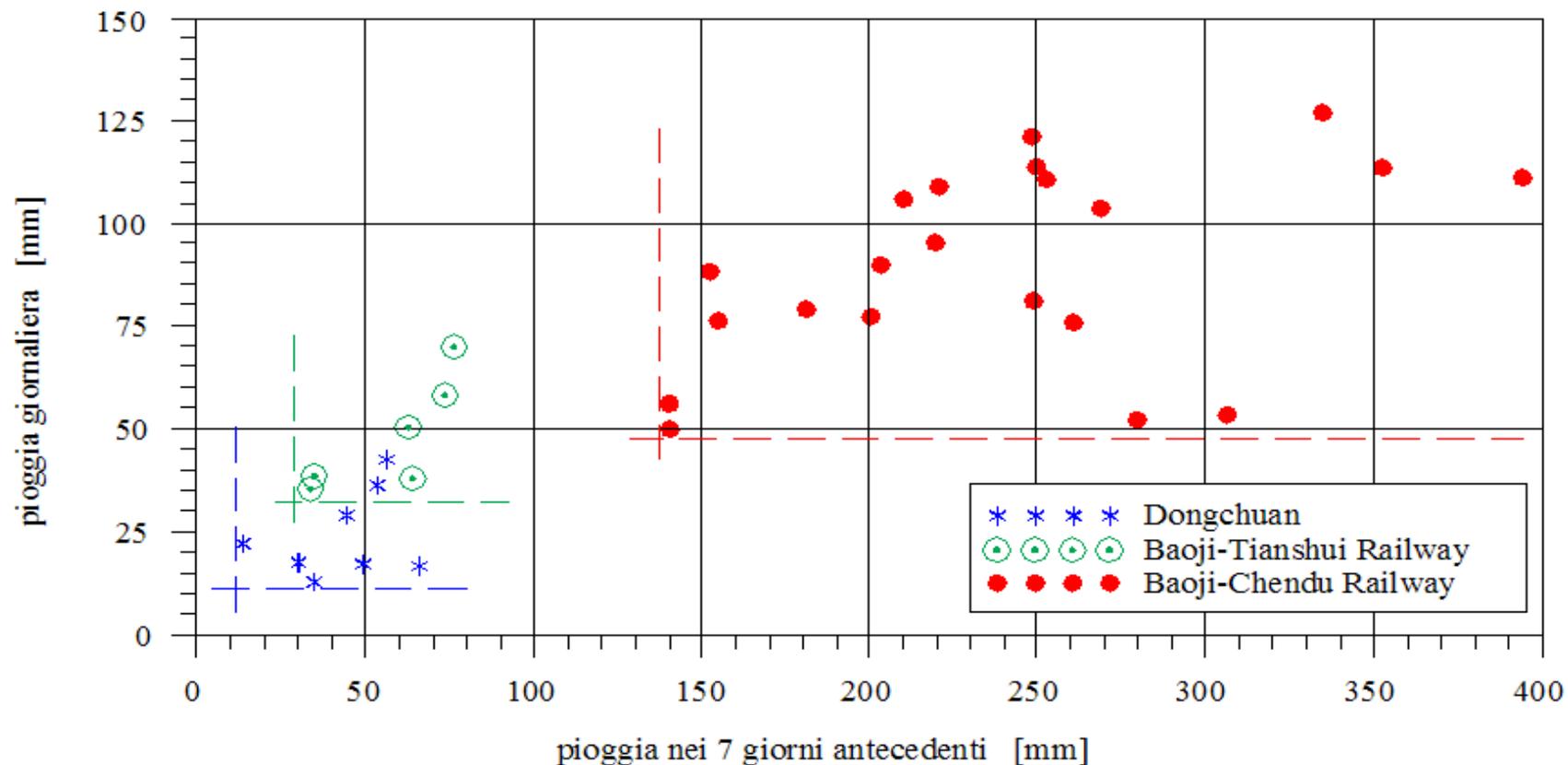
$$Q_{debris-flow} = Q_0 \left(\frac{C_*}{C_* - C} \right)$$

amplification factor

Fattore di Amplificazione

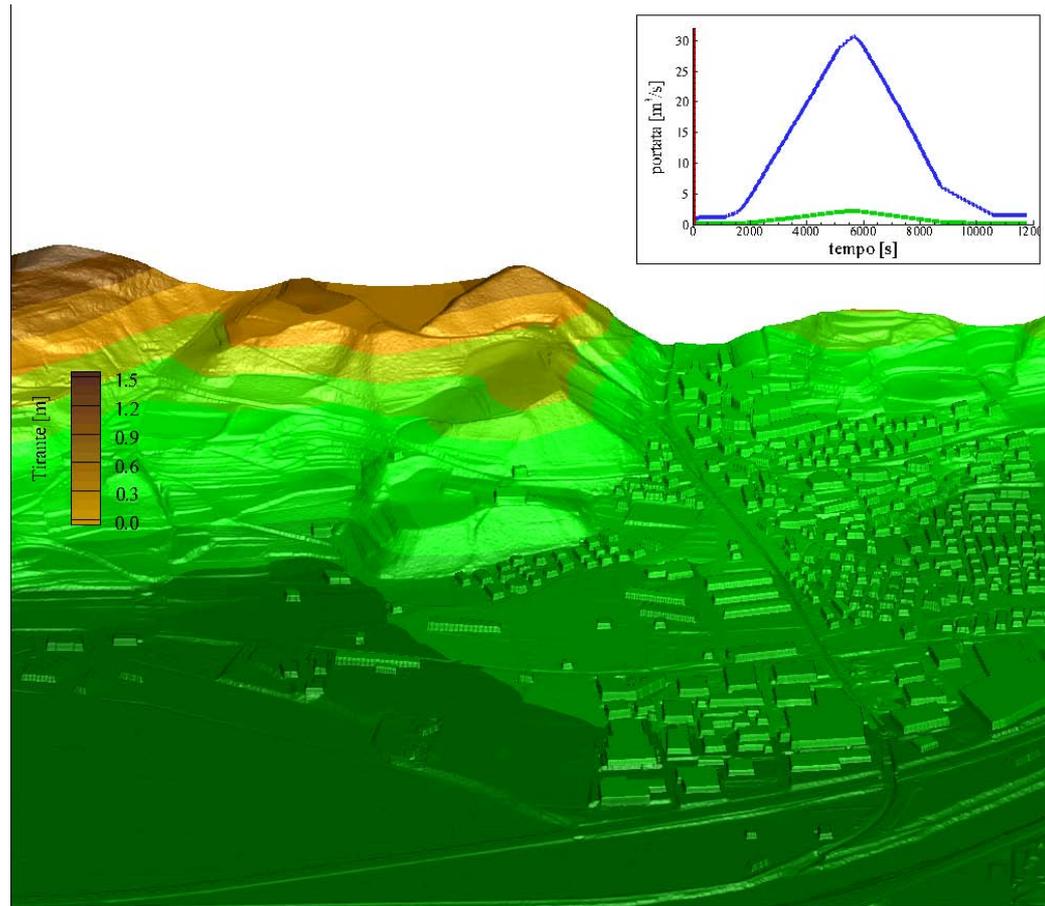


Influenza della saturazione sulla formazione delle colate e il problema dell'idrogramma critico



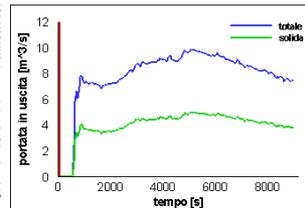
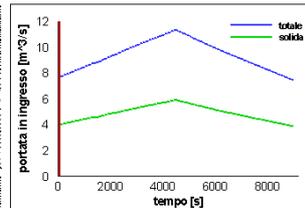
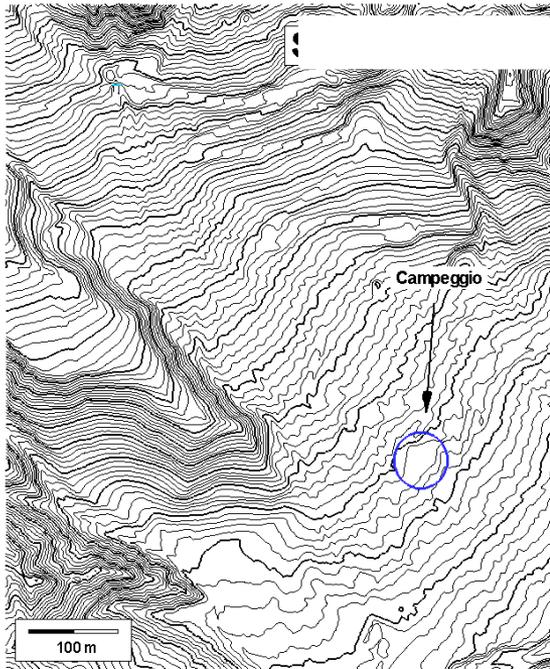
Modelli 2DH

Esempio di
simulazione
di colata su
un conoide

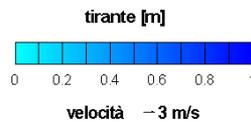


Differenze tra modello monofasico e modello bifasico

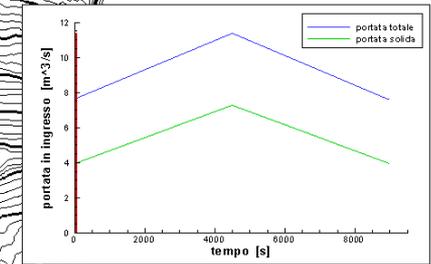
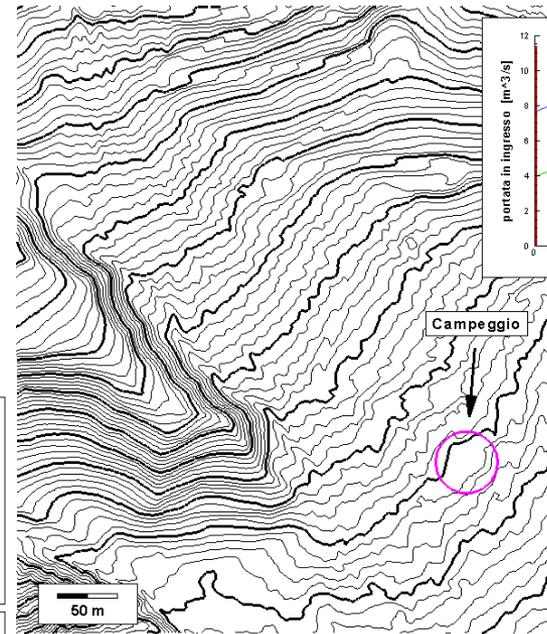
Modello bifasico



Pendenza in ingresso: $if = 0.20$
 Parametro di trasporto: $beta = 0.891$
 $h/d = 38.851$



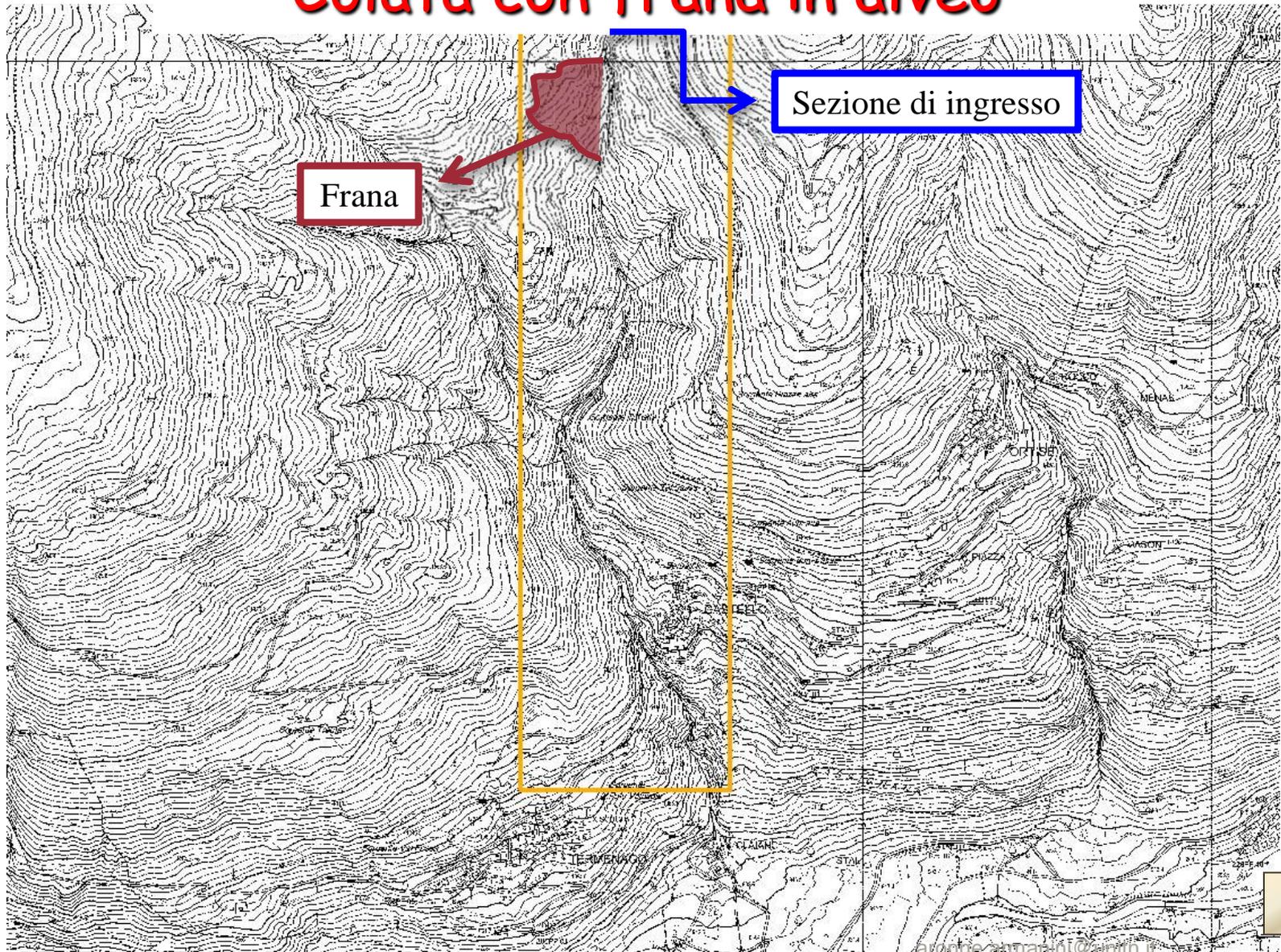
Modello monofasico



Tirante [m]

parametro di trasporto: $beta = 0.891$

Colata con frana in alveo

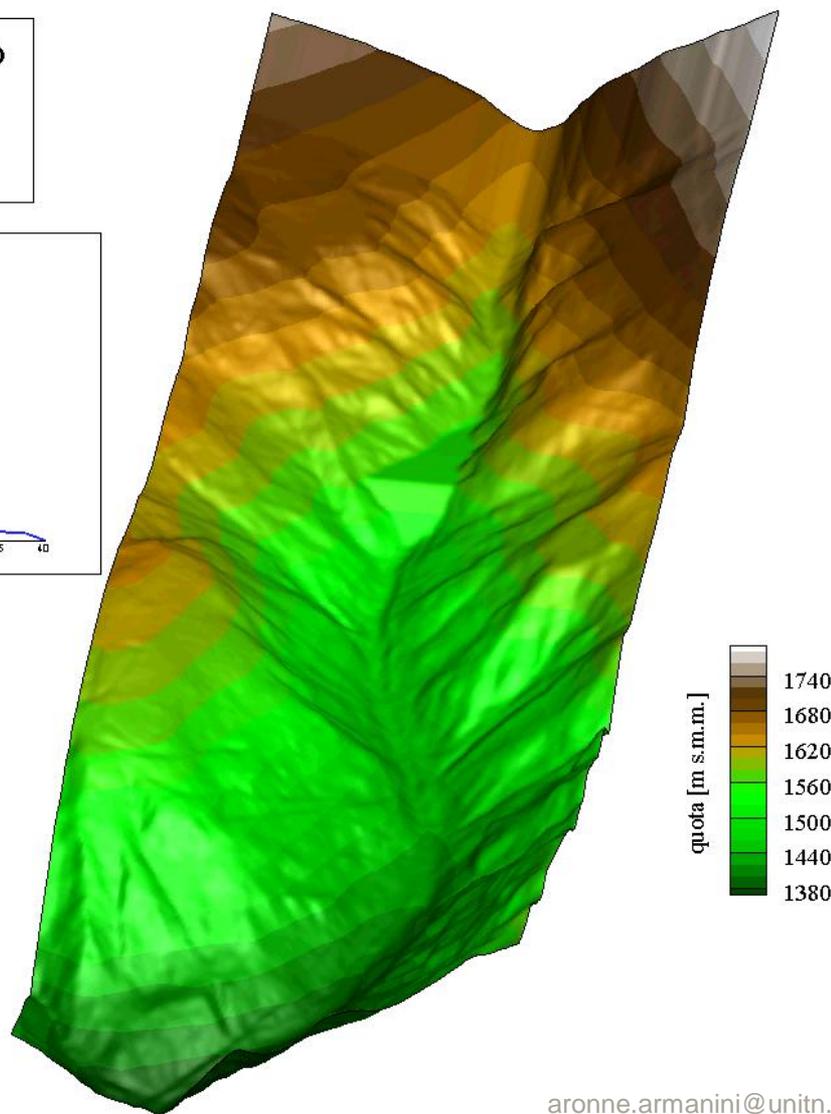
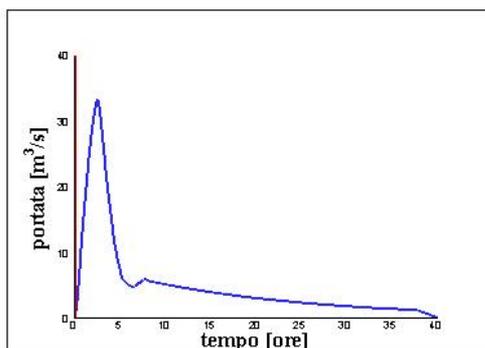


L'influenza della frana sulla colata

- PRIMO TRATTO

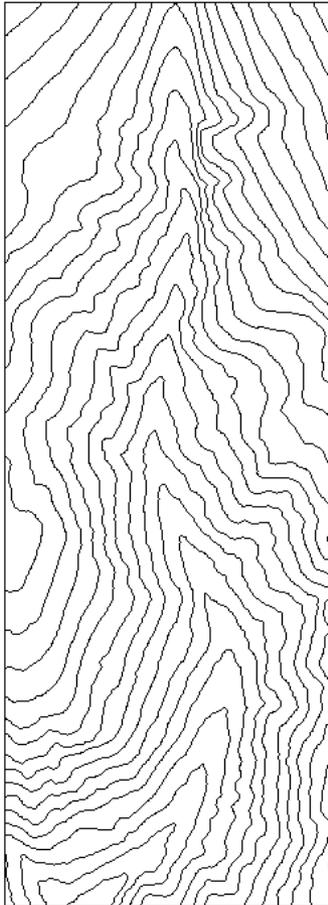
FRANA

Andamento del fondo

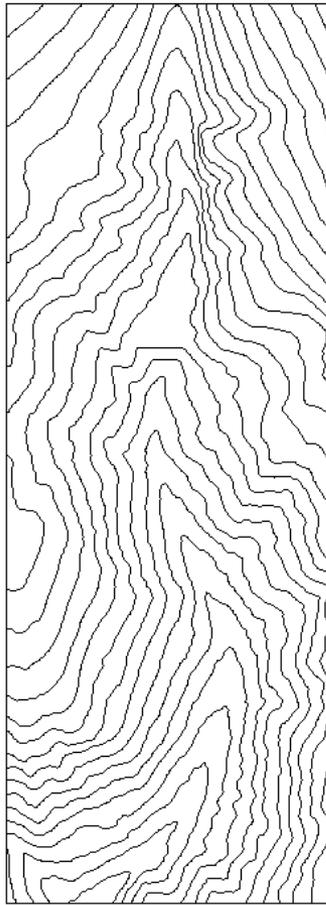


L'influenza della frana sulla colata

geometria originale



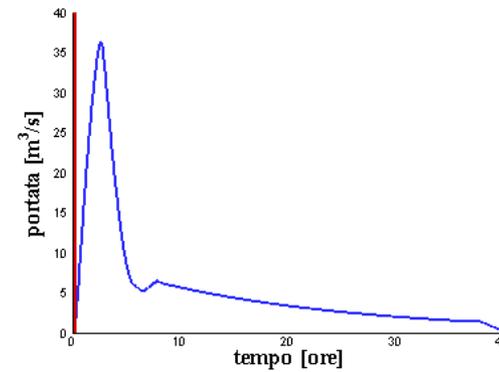
geometria con FRANA



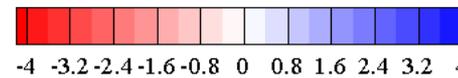
- PRIMO TRATTO

Morfologia

Tr = 200 anni



scavi - depositi
[m]



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

CUDAM - Centro Universitario per la Difesa
Idrogeologica dell'Ambiente Montano

aronne.armanini@unitn.it

Danke für die Aufmerksamkeit

Grazie per l'ascolto

Thank you for listening