



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

TESAF

Dipartimento Territorio
e Sistemi Agro-Forestali
Università di Padova

7 novembre 2019

Carlo Gregoretti

Modellazione innesco ed idrogramma
solido-liquido

METTIAMOCI
IN RIGA



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Agenzia per la
Coesione Territoriale*



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



GOVERNANCE
E CAPACITÀ
ISTITUZIONALE
2014-2020

SOGESID SPA
INGEGNERIA TERRITORIO AMBIENTE

L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 1



Colata del 12/6/1997 ad Acquabona (km 98 SS51, Cortina d'Ampezzo)





L'innesco di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 2

Colata del 12/6/1997 ad Acquabona (km 98 SS51, Cortina d'Ampezzo)



L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 3



Le colate si innescano nei canali che incidono i ghiaioni dove si ha la convergenza dei deflussi superficiali.

Questo può avvenire sia alla testata dei canali (al piede delle pareti rocciose od a valle di queste), che in una posizione più a valle.

Condizioni necessarie per l'innescò di una colata sono la presenza di una zona di convergenza dei deflussi superficiali ed una pendenza elevata (> 25%). Condizione sufficiente la presenza di materiale erodibile.



L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 4

Testata dei canali - 1



Le incisioni presenti sulle pareti fanno convergere il deflusso superficiale in alcuni punti del canale sottostante dove movimentata i depositi presenti e/o erode il fondo del canale generando una colata (punta Dina, Santo Vito di Cadore).



L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 5

Testata dei canali -2



Le incisioni presenti sulle pareti fanno convergere il deflusso superficiale incidendo alla base un canale nel ghiaione sottostante. Formatosi il canale i deflussi superficiali che vi convergono, movimentano i depositi presenti sul fondo dello stesso o lo erodono, generando una colata (Rudavoi, Auronzo).



L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 6

Testata dei canali - 3



Vista dall'alto e dal basso dello stesso punto

7 Canale inciso nel ghiaione sottostante le pareti dell'Antelao (Vodo di Cadore) (foto a sx Degetto) a valle di una soglia rocciosa in cui si l'innescò di fenomeni di colata.



L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 7

Posizione di innescò a valle della testata - 1



Area di formazione delle colate a Rovina di Cancia (Borca di Cadore): immagini pre (sinistra) e post evento (destra) della colata avvenuta il 18/7/2009.



L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 8

Posizione di innescò a valle della testata - 2



Area di formazione delle colate a Rovina di Cancia (Borca di Cadore): immagini pre (sinistra) e post evento (destra) della colata di modesta entità avvenuta il 29/7/2012.

Canale scavato dai deflussi superficiali sul materasso detritico ricoprente il fondo del canale.



L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 9

Posizione di innescò a valle della testata - 3

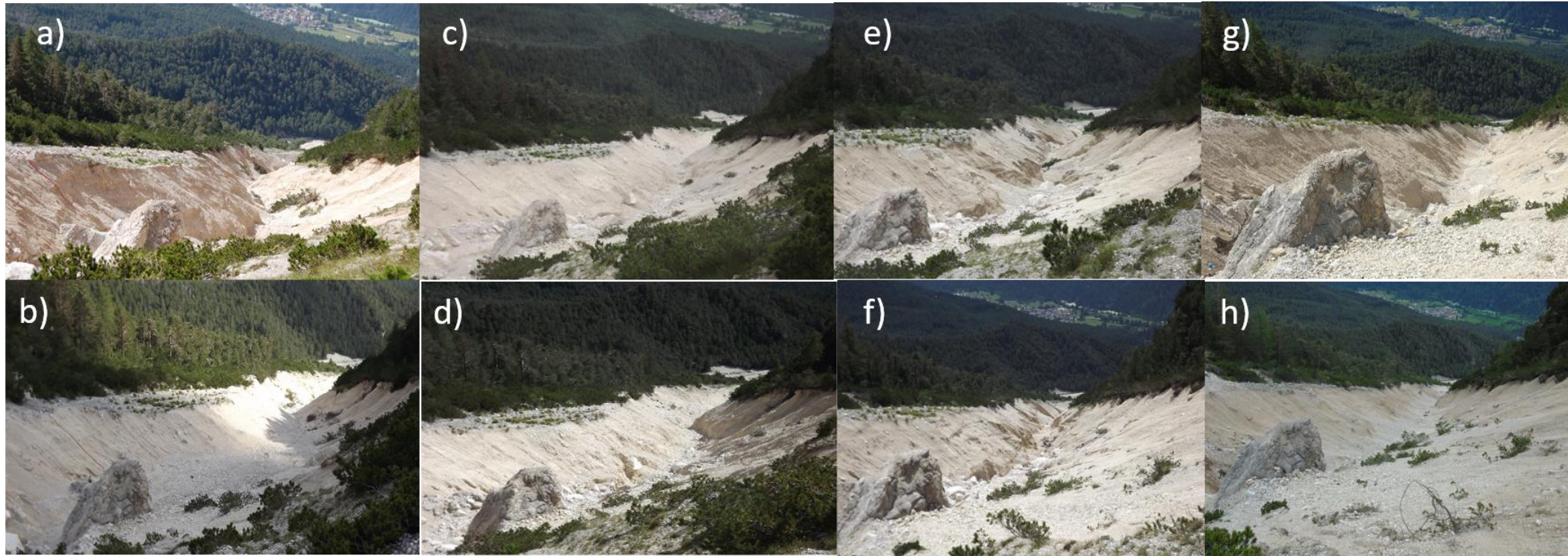


Area di formazione delle colate a Rovina di Cancia (Borca di Cadore): immagini pre (sinistra) e post evento (destra) della colata avvenuta il 26/7/2013.

L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 10



Posizione di innescò a valle della testata - 4



Area di formazione delle colate a Rovina di Cancia (Borca di Cadore): a) Dopo la colata del 18/7/2009; b) nel periodo di ricarica (26/7/2012); c, d) dopo le colate del 26/7/2013 e 19/8/2013; e, f) dopo le colate del 23/7 e 4/8/2015; g, h) durante il periodo di ricarica (12/07/2017 e 23/5/2018)



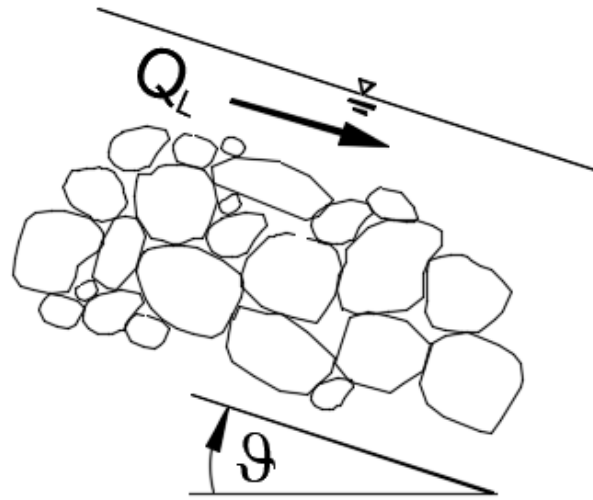
L'innescò di una colata per deflusso superficiale in ambiente dolomitico - 11

Posizione di innescò a valle della testata - 6





Meccanismo di innesco di una colata per deflusso superficiale - 1



La colata si innesca se Q_L (portata liquida) $\geq Q_{CRIT}$

per $\tan\theta > 0.25$ (14°)

$$Q_{CRIT} = q_{CRIT} B$$

$$q_{CRIT} = 4 d_M^{1.5} \tan\theta^{-1.17}$$

Tognacca et al. (2000)

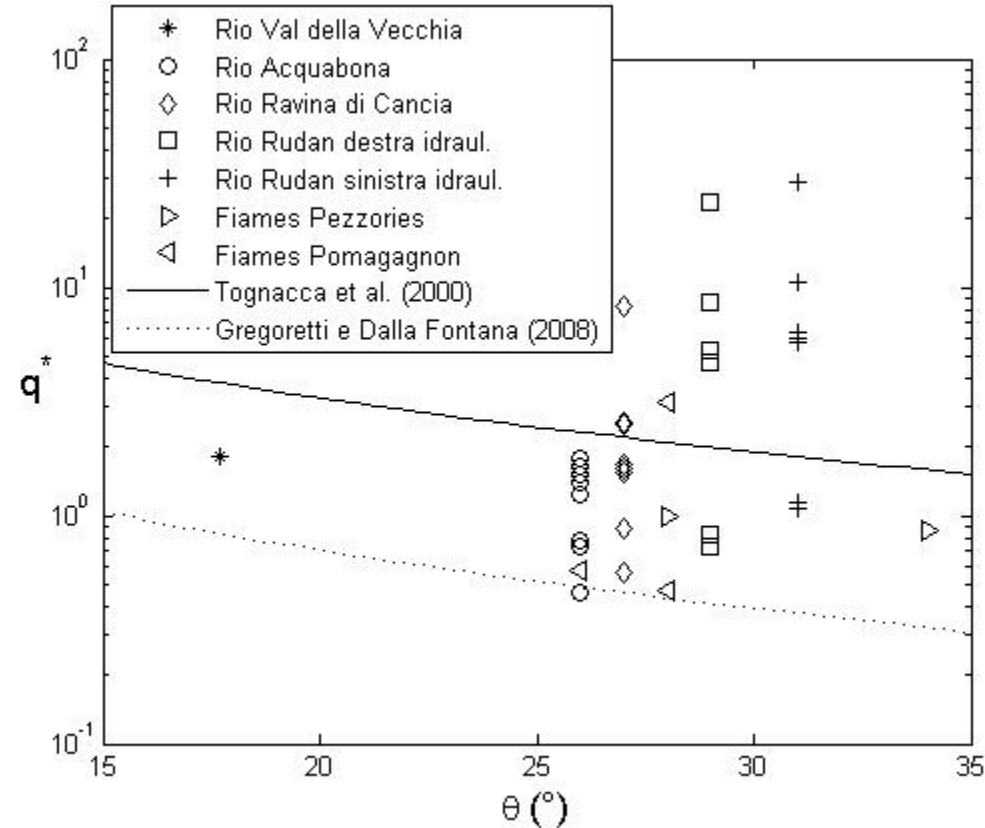
$$q_{CRIT} = 0.78 d_M^{1.5} \tan\theta^{-1.27}$$

Gregoretti and Dalla Fontana (2008)

Meccanismo di innesco di una colata per deflusso superficiale - 2

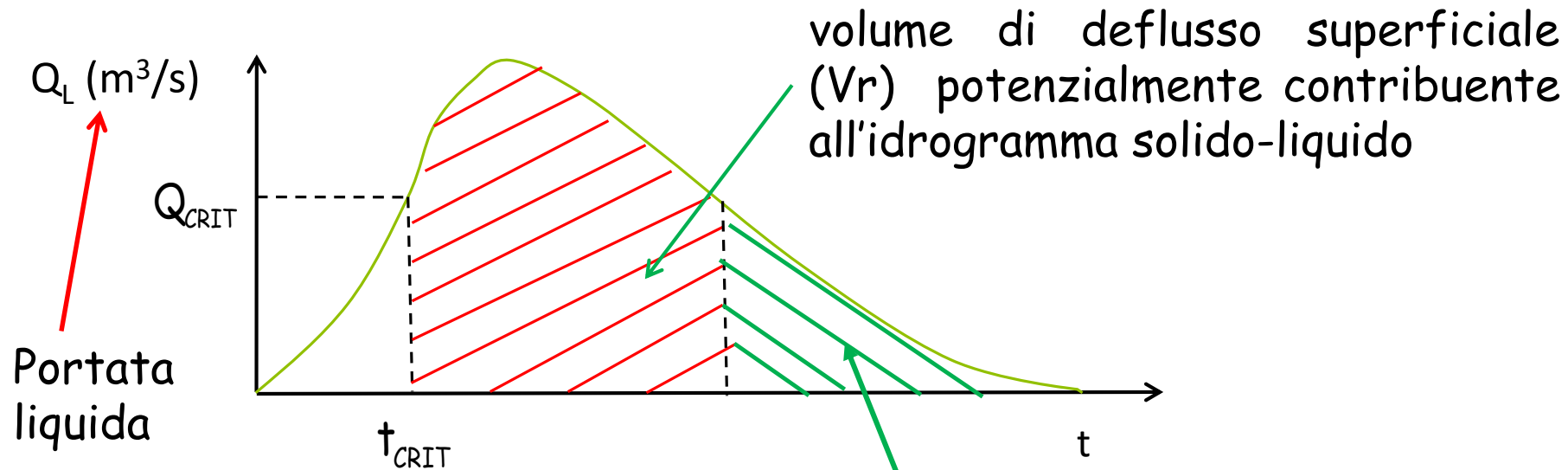


$$q^* = \frac{q_{CRIT}}{d_M^{1.5} \sqrt{\frac{\rho_S}{\rho} - 1}}$$



Confronto tra i valori simulati di 30 picchi di portata liquida con la portata critica delle due relazioni empiriche di Tognacca et al. (2000) e Gregoretti e Dalla Fontana (2008). I valori dei tempi di picco corrispondono all'incirca agli orari di avvenimento delle colate.

Idrogramma solido-liquido - 1



Il deflusso superficiale potenzialmente contribuente alla colata è quello per cui $t > t_{CRIT}$, e $Q_L > Q_{CRIT}$ (area tratteggiata in figura). Per $t < t_{CRIT}$, la colata non si forma perché la portata liquida risulta inferiore a quella critica; la coda dell'idrogramma, per $t > t_{CRIT}$ e $Q_L < Q_{CRIT}$, corrisponde a durate di solito superiori a quelle degli idrogrammi solido-liquidi osservati, ed è quella che risente di più degli errori insiti nella modellazione idrologica. È, inoltre, caratterizzata da velocità di deflusso superficiale basse, risultando inferiori a quelle del fronte.

Idrogramma solido-liquido - 2



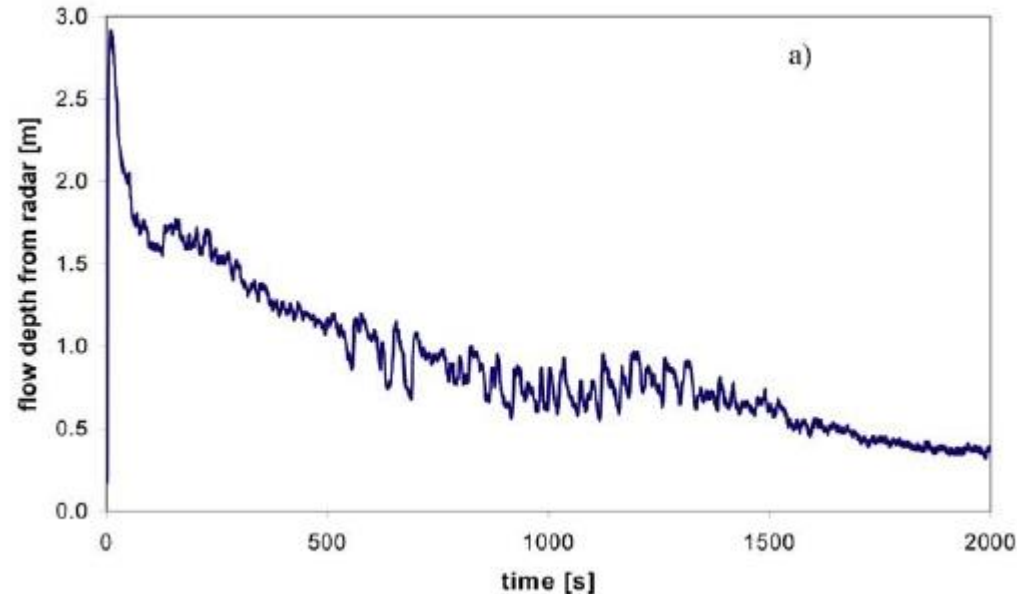
Due tipologie di idrogrammi solido-liquido

1. Idrogramma solido-liquido per cui risulta massimo il valore di picco della portata solido-liquida, generato dall'idrogramma di deflusso superficiale con il massimo valore del picco corrispondente alla precipitazione di durata pari al tempo di concentrazione (corrivazione) con ietogramma a blocchi alternati.
2. Idrogramma solido-liquido per cui risulta massimo il volume solido-liquido, generato dall'idrogramma di deflusso superficiale per cui risulta massimo il volume di deflusso superficiale contribuente alla colata, corrispondente ad una precipitazione di intensità costante.

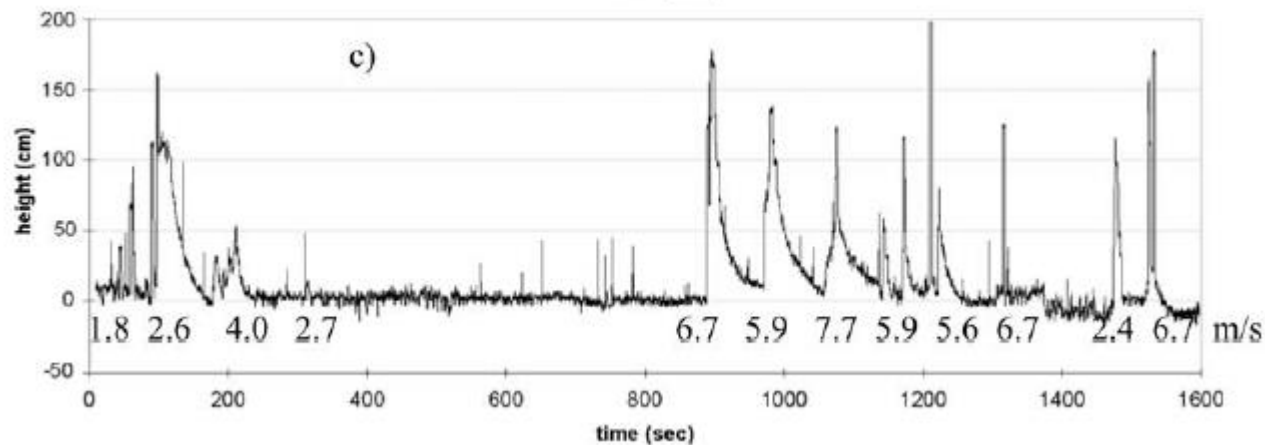
Idrogramma solido-liquido - 3



Idrogrammi solido-liquidi osservati relativi ad una colata già formata



Idrogramma delle profondità di colata registrato alla stazione di monitoraggio di Illgraben (Svizzera) il 28/6/2006 nella parte terminale del canale

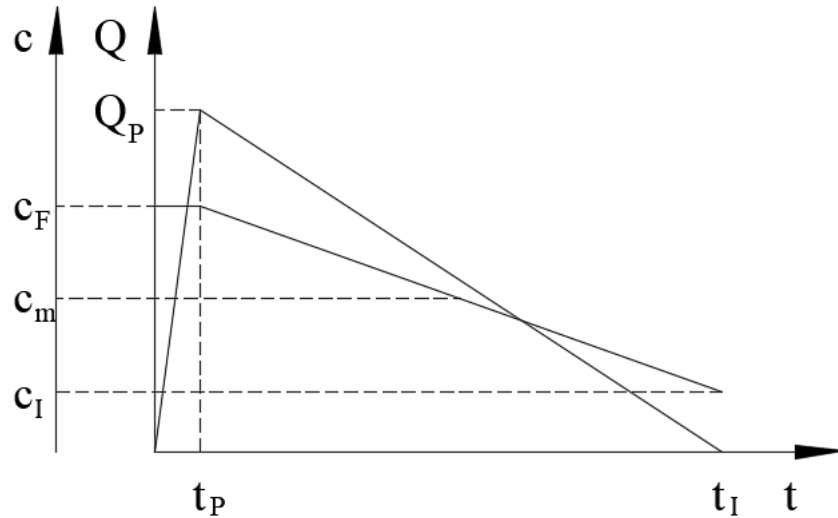


Idrogramma delle profondità di colata registrato alla stazione di monitoraggio di Acquabona il 17/8/ 1998 nella parte terminale del canale

Idrogramma solido-liquido - 4



Schematizzazione di idrogramma solido-liquido con il massimo valore del picco - 1



La colata si presenta con un fronte pronunciato con profondità e concentrazione volumetrica della fase solida, c , decrescenti verso monte. Si assume un idrogramma triangolare che viene determinato tramite il picco, Q_P , ed il volume solido-liquido, V_{SL} , che consentono il calcolo della durata t_I .

$$Q_P = 0.75 \frac{c_*}{c_* - c_F} Q_{PL}$$

$$V_{SL} = V_L + V_S/c_*$$

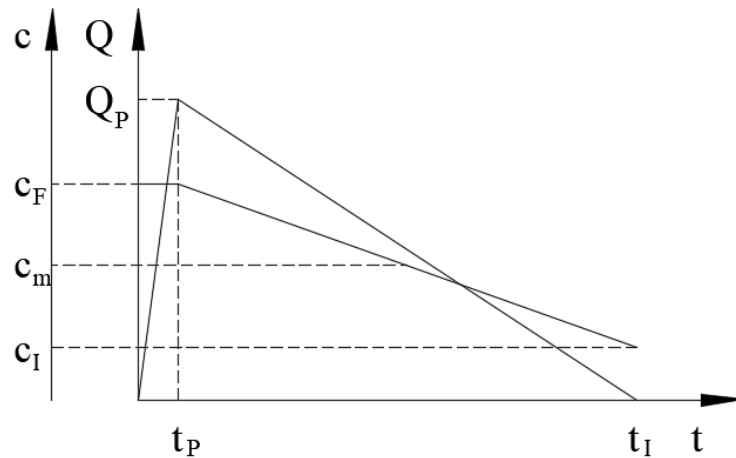
Q_{PL} = portata di picco del deflusso superficiale (portata liquida); c_* = concentrazione volumetrica del materiale sul fondo; c_F = concentrazione volumetrica della fase solida in corrispondenza del fronte;

V_L = volume liquido contribuente alla colata; V_S = volume solido dei sedimenti trasportati dalla colata; V_S/c_* = somma del volume solido V_S con il volume di liquido di saturazione ($V_S/c_* - V_S$);

Idrogramma solido-liquido - 5



Schematizzazione di idrogramma solido-liquido con il massimo valore del picco - 4



$$Q_P = 0.75 \frac{c_*}{c_* - c_F} Q_{PL}$$

$$V_{SL} = V_L + V_S/c_*$$

Il calcolo dell'idrogramma solido-liquido dipende da Q_{PL} , c_F , c_* , V_L , e V_S

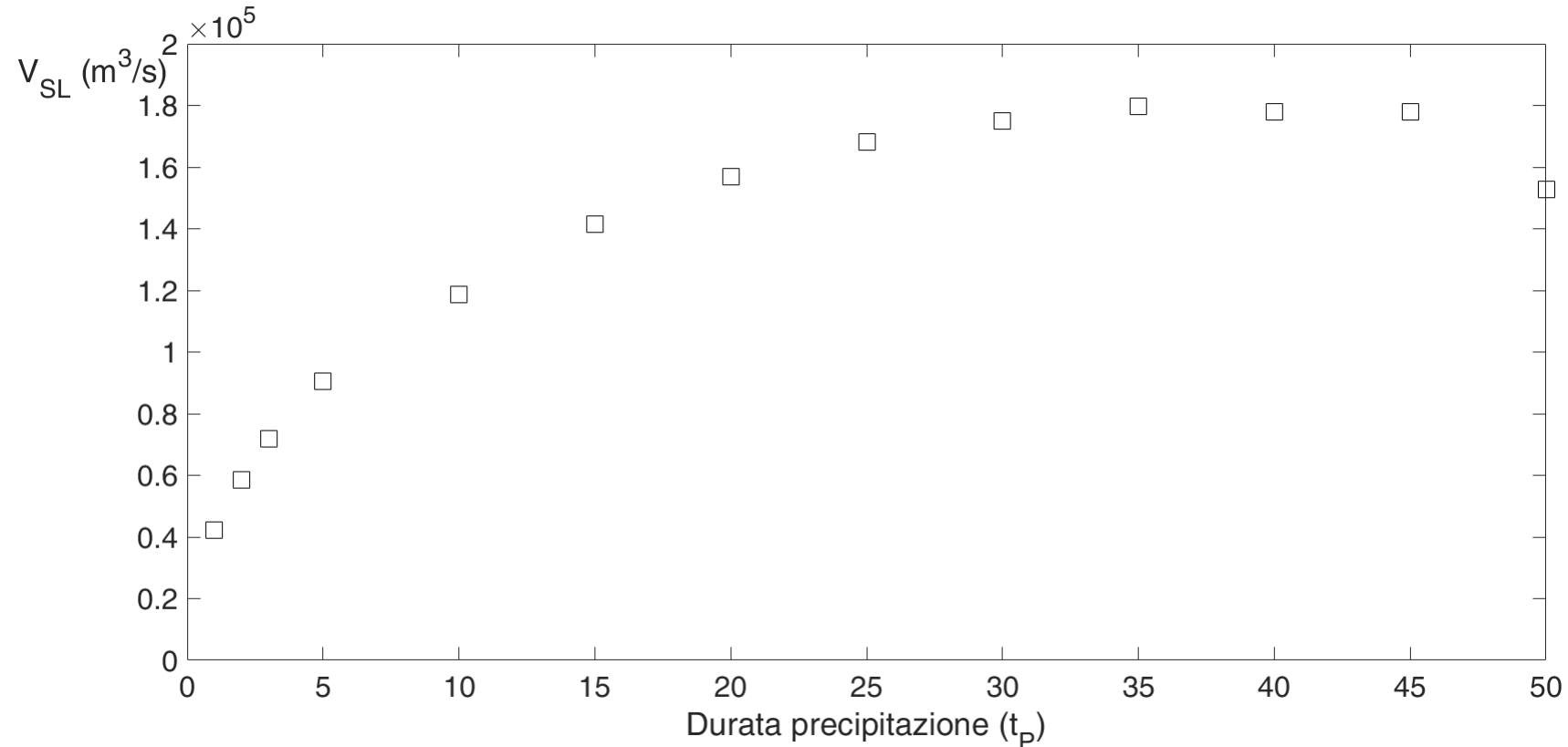
Q_{PL} e V_L vengono dalla modellazione idrologica

c_* da misure in campo, c_F e V_S da formule di letteratura

Idrogramma solido-liquido - 6



Idrogramma solido-liquido con il massimo valore del volume di deflusso - 1

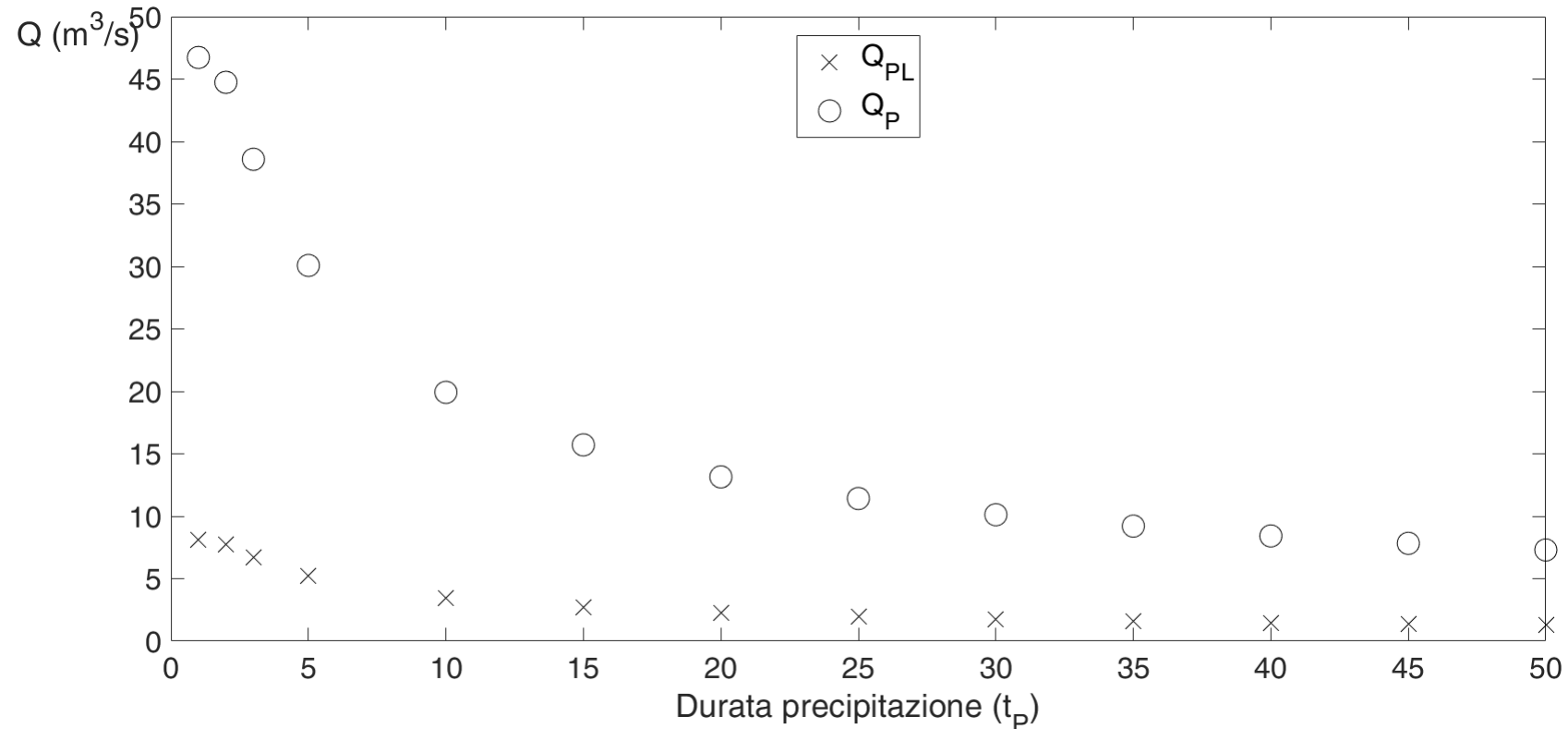


Il volume solido-liquido V_{SL} , aumenta al variare della durata della precipitazione (t_p = tempo corrispondente a Q_p dell'idrogramma solido-liquido con il massimo valore del picco di portata) di intensità costante e poi diminuisce.

Idrogramma solido-liquido - 7



Idrogramma solido-liquido con il massimo valore del volume di deflusso - 2

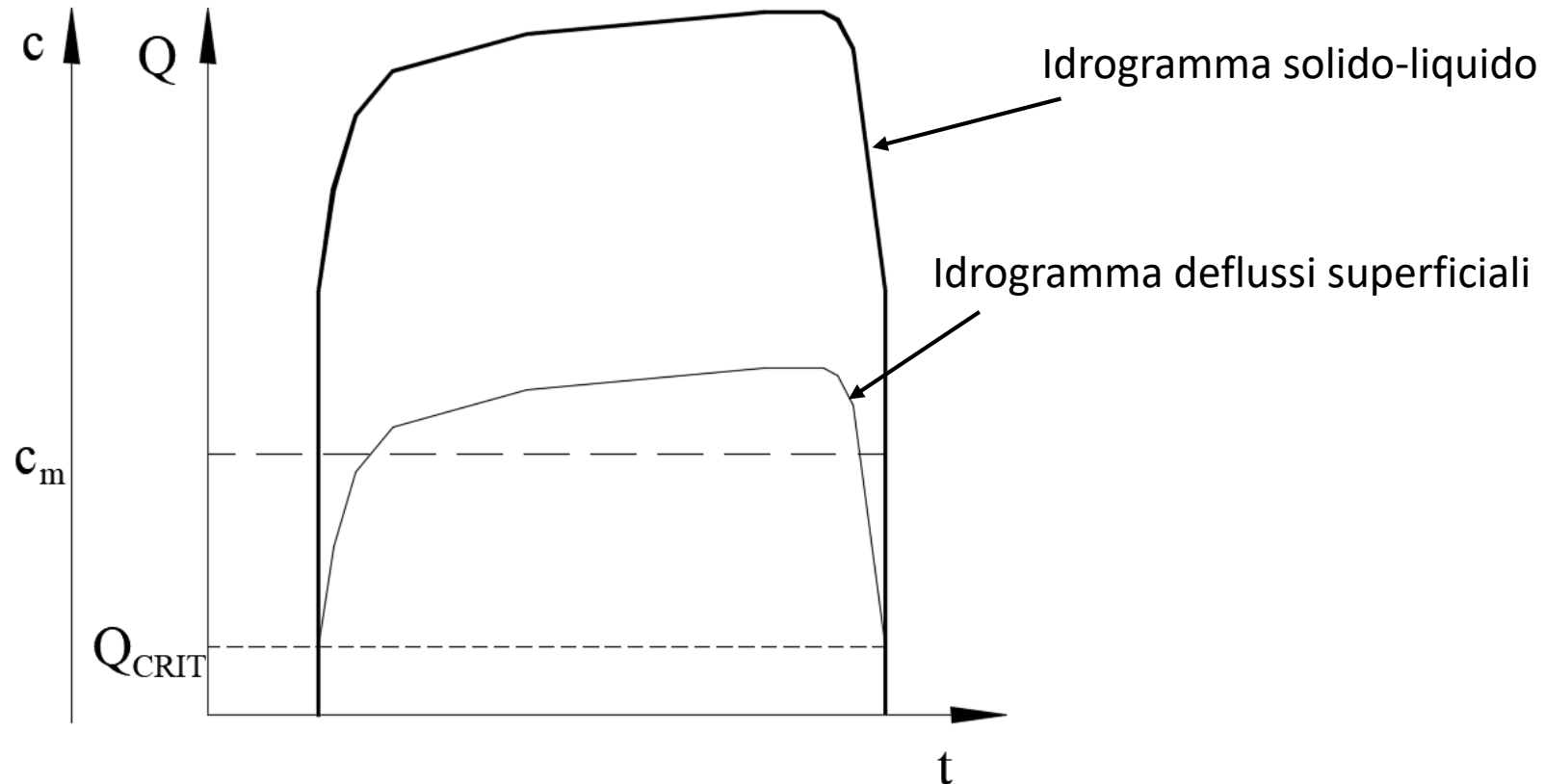


Le portate di picco dell'idrogramma dei deflussi superficiali, Q_{PL} , e dell'idrogramma solido-liquido, Q_P , diminuiscono all'aumentare della durata della precipitazione di intensità costante.

Idrogramma solido-liquido - 8



Idrogramma solido-liquido con il massimo valore del volume di deflusso - 3



Nel caso di precipitazione ad intensità costante di lunghe durate l'idrogramma dei deflussi superficiali ha un andamento crescente e l'idrogramma solido-liquido è caratterizzato da una concentrazione volumetrica pressochè costante.

Idrogramma solido-liquido - 9



Idrogramma solido-liquido con il massimo valore del volume di deflusso - 4

Ipotesi/Assunzioni iniziali:

1. Si assegna all'idrogramma solido-liquido la forma dell'idrogramma dei deflussi superficiali contribuenti.
2. Si assume una concentrazione volumetrica dei sedimenti costante.

L'idrogramma solido-liquido, V_{SL} , è quello dei deflussi superficiali contribuenti, V_L , scalato del rapporto V_{SL}/V_L ($V_{SL} = V_L + V_S/c_*$)

$$Q = \frac{V_{SL}}{V_L} Q_L$$

Q = portata solido-liquida

Q_L = portata dei deflussi superficiali contribuenti

Le ipotesi/assunzioni iniziali trascurano i termini di inerzia relativi all'inglobamento dei sedimenti all'interno della corrente (i.e. velocità d'erosione, accelerazione delle particelle solide inglobate nella corrente, variazione di resistenza al moto e quindi della velocità della corrente).