



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



Modellazione idrologica di piena in bacini montani

Marco Borga - Hydrate Team

Università di Padova - TESAF

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

Bolzano 9-10 Giugno 2011

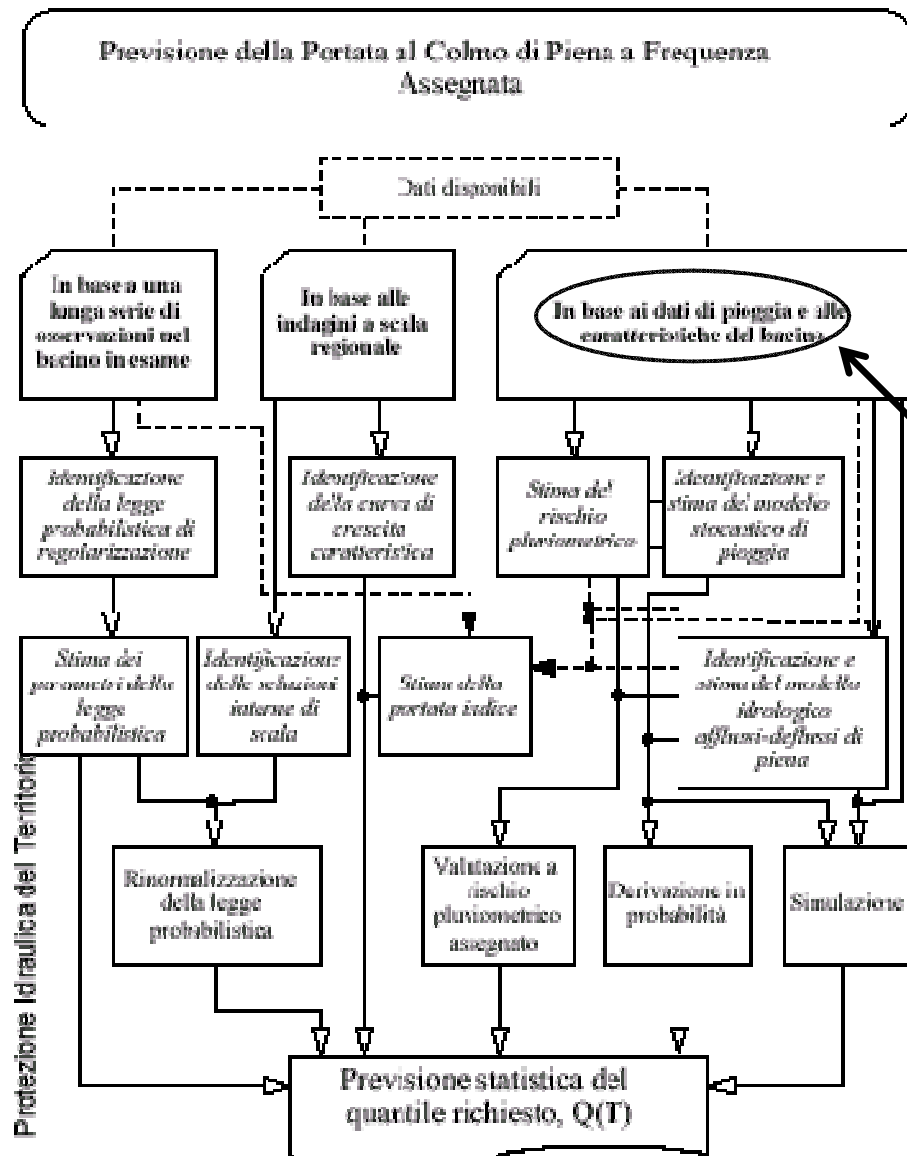


Previsione di portata associata a rischio temibile

Sommario

- Il quadro metodologico
- Problemi aperti
- Il ruolo della variabilità spazio-temporale delle precipitazioni
- I controlli idrologici e la loro predicibilità
- Conclusioni

Il quadro metodologico



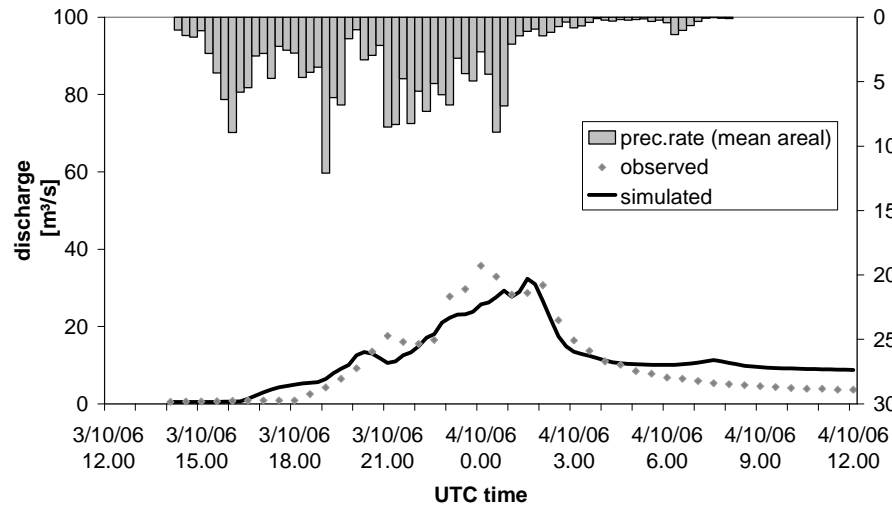
Permette uso completo dei dati disponibili,

Comprensione dei processi,

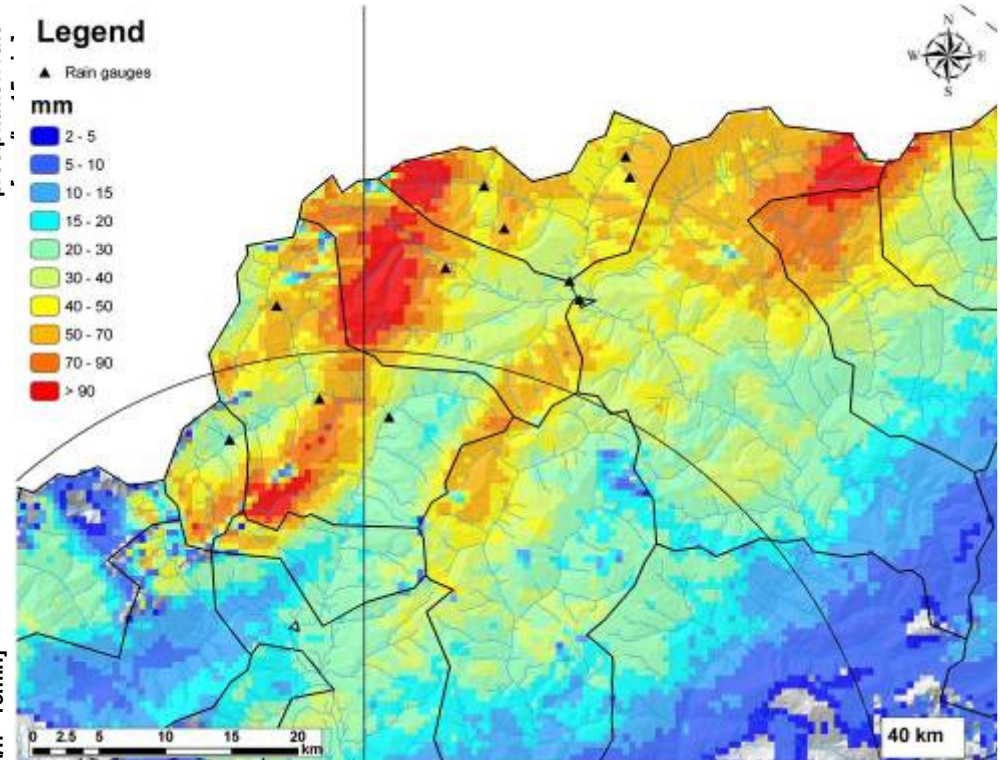
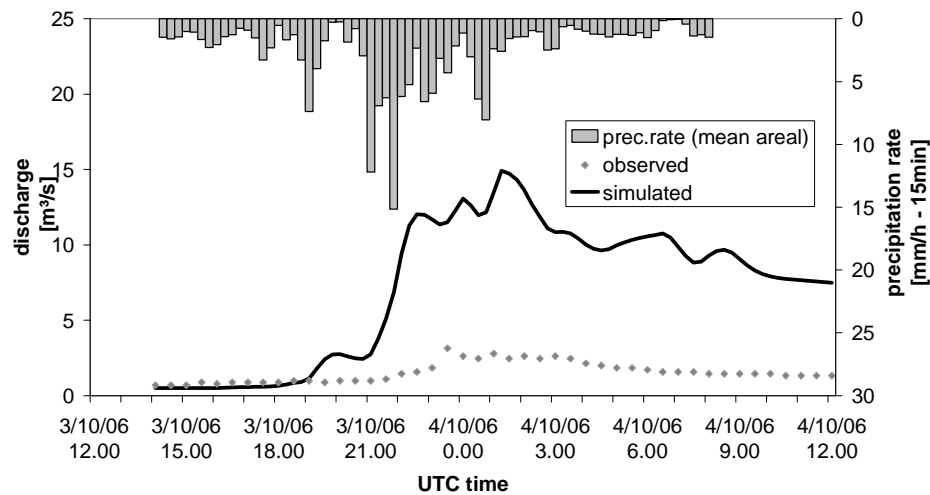
Incorpora analisi di cambiamento ambientale (uso del suolo, climatico)

Problemi aperti: un esempio - piena 3-4 Ottobre 2006

Racines 2006 [48 km²]



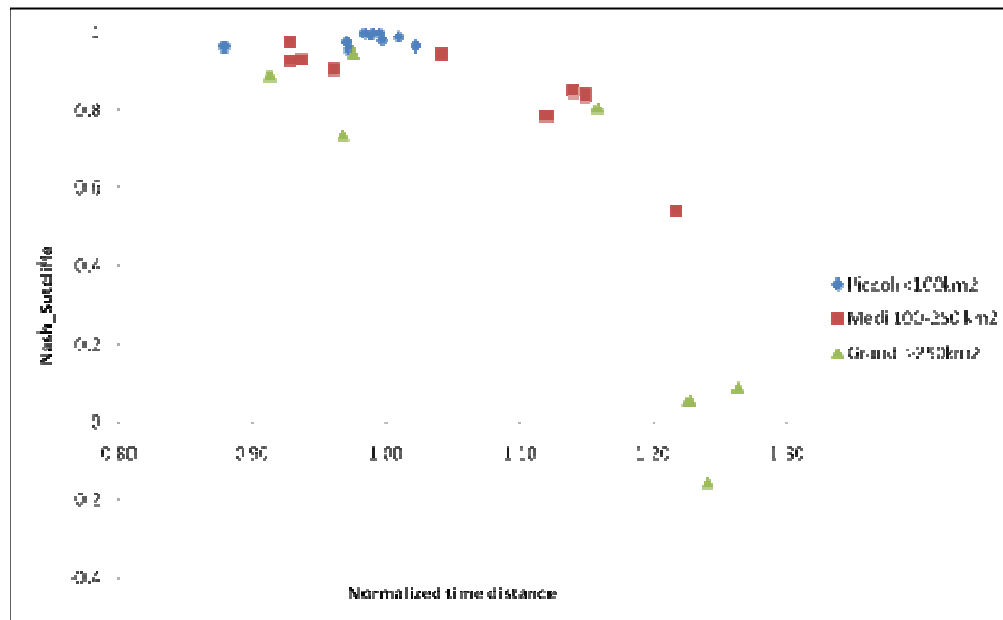
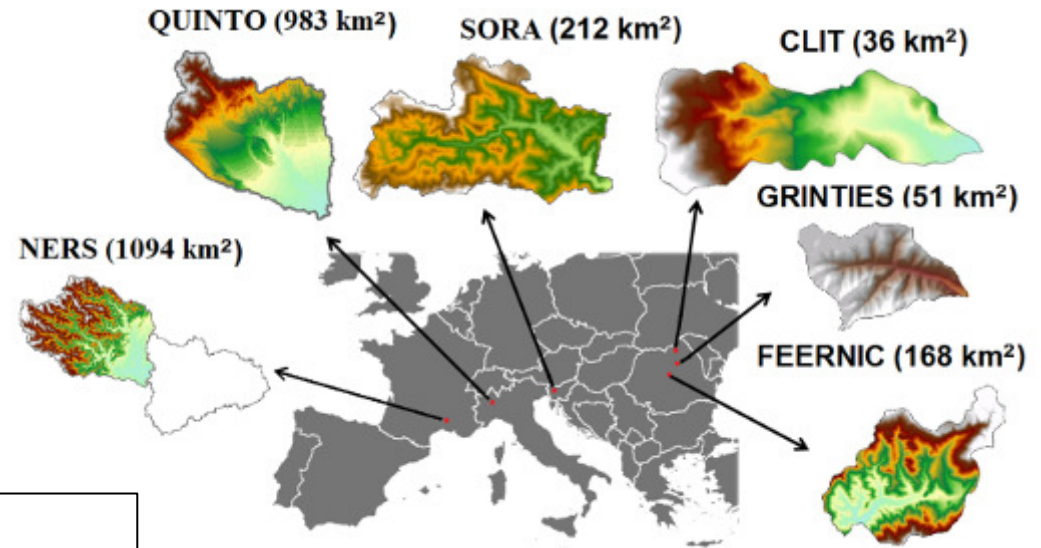
Giovo 2006 [48 km²]



Problemi aperti:

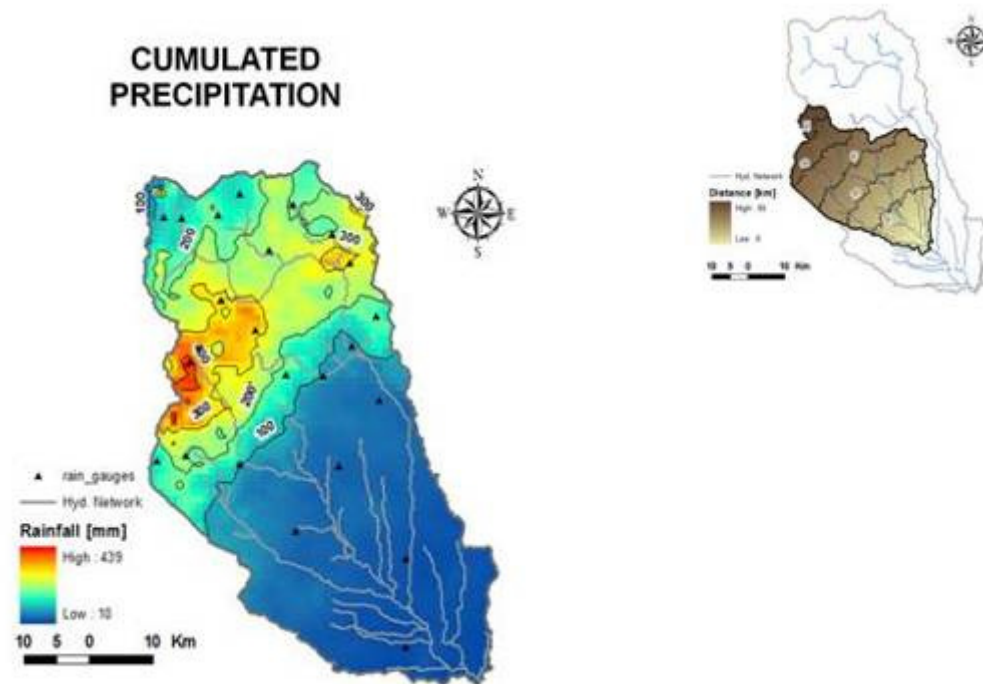
la variabilità spaziale delle precipitazioni

Confronto fra simulazioni ottenute utilizzando piogge spazialmente distribuite e piogge medie areali



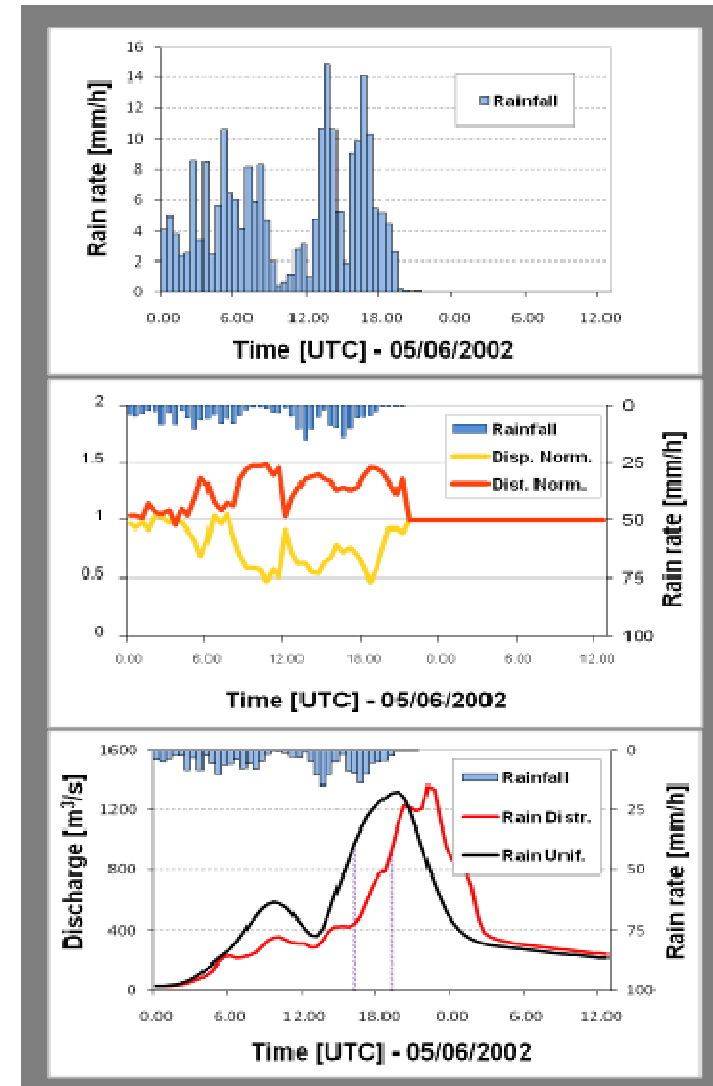
Ignorare la variabilità spaziale delle precipitazioni può degradare in modo significativo la qualità della descrizione modellistica

Momenti spaziali di pioggia (piena Sesia 2002)



ZOCATELLI D., M. BORGA, F. ZANON, B. ANTONESCU and G. STANCALIE, 2010: Which rainfall spatial information for flash flood response modelling? A numerical investigation based on data from the Carpathian range, Romania. *J. of Hydrology*, 394 (1-2), 148-161. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.07.019.

VIGLIONE, A., G.B. CHIRICO, J. KOMMA, R. WOODS, M. BORGA and G. BLÖSCHL, 2009: Quantifying space-time dynamics of flood event types. *J. of Hydrology*, 394 (1-2), 213-229. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.05.041.



Problemi aperti:

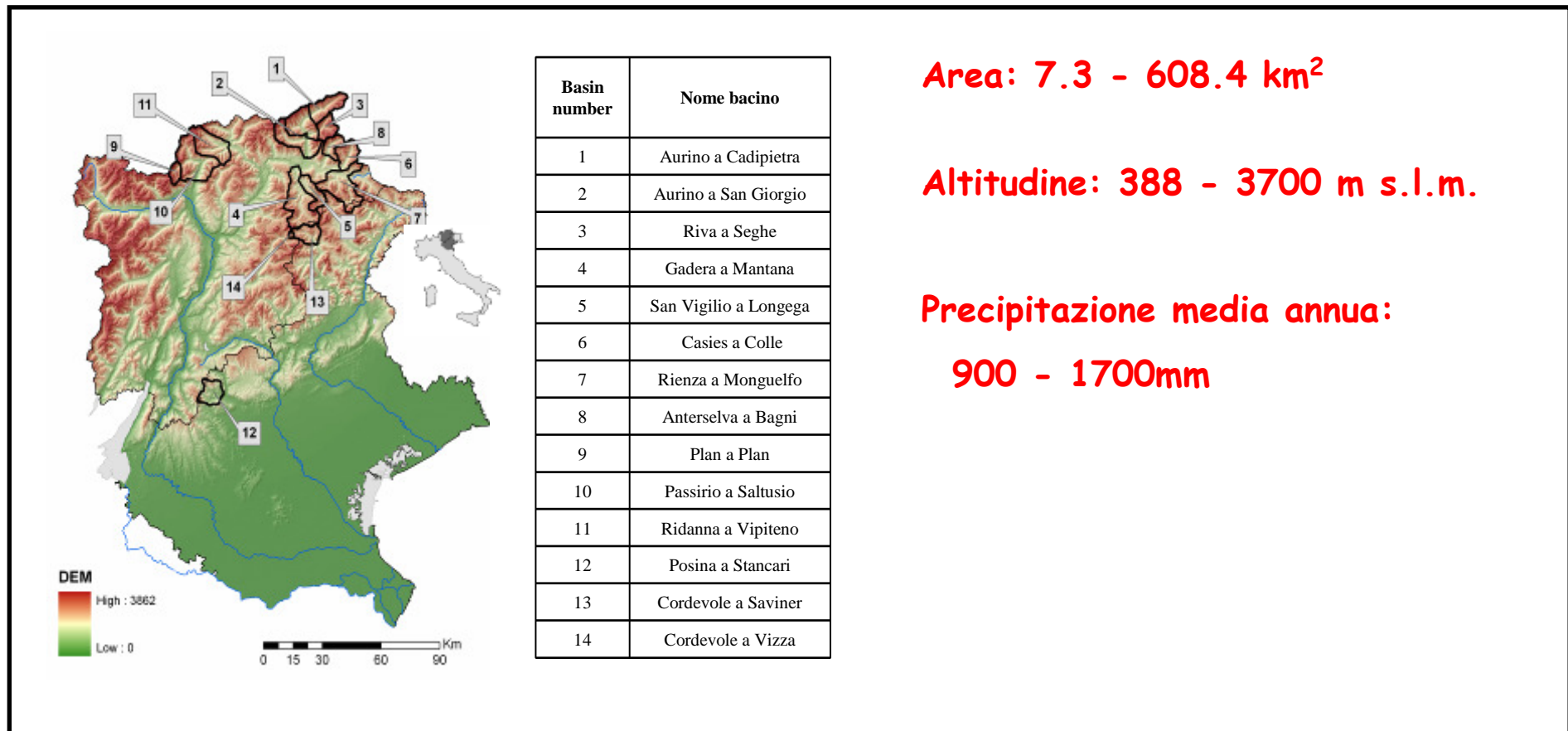
I controlli idrologici e la loro predicibilità

Fattori di controllo sul coefficiente di deflusso

- **Clima**
- **Tipo di precipitazione**
- **Geologia**
- **Uso del suolo**
- **Condizioni iniziali di umidità del suolo**

NORBIATO, N., M. BORGA, R. MERZ, G. BLÖSCHL e A. CARTON: Controls on event runoff coefficients in the eastern Italian Alps. *Journal of Hydrology*, 375, 312-325, doi:10.1016/j.jhydrol.2009.06.044.

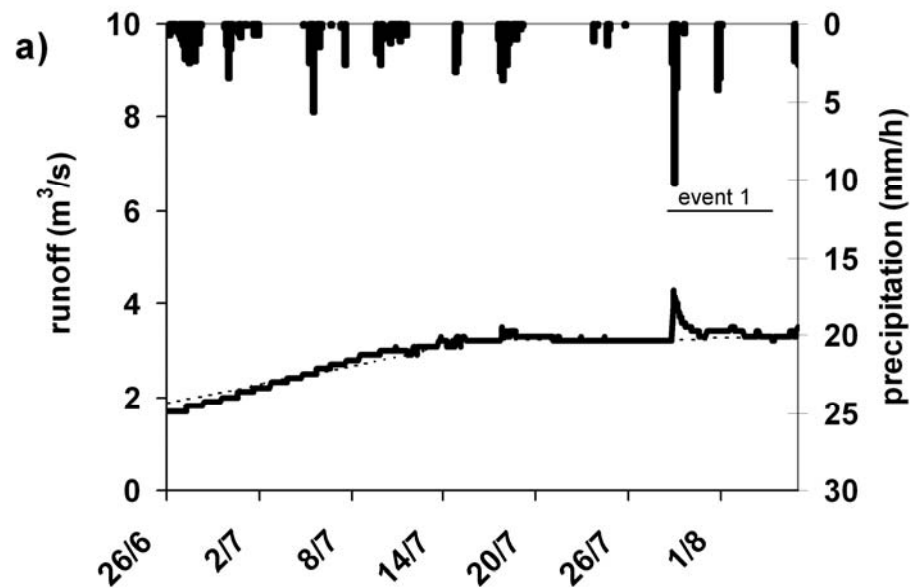
REGIONE DI STUDIO



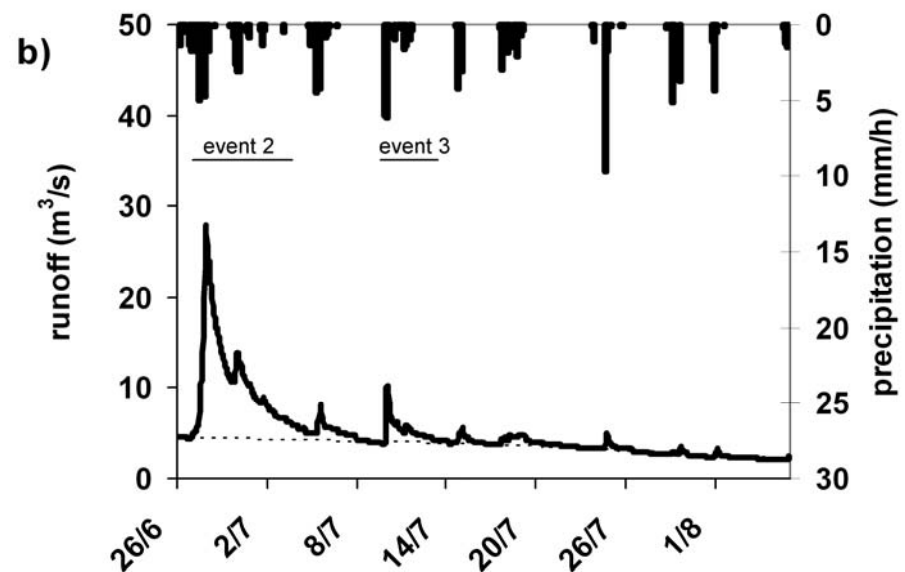
METODOLOGIA

- Utilizzo di un modello idrologico per la stima dell'input meteorico (precipitazione liquida, solida, scoglimento nivale) e stima del contenuto idrico del suolo
- Procedura automatica per l'individuazione del deflusso di base
- Procedura automatica per l'estrazione degli eventi e calcolo del coefficiente di deflusso
- Periodo di studio: 1989-2004. Serie di dati orari variabile da 10 a 15 anni per bacino

ESEMPIO DI SEPARAZIONE DEI DEFLUSSI - Periodo 26 giugno - 6 agosto 1997

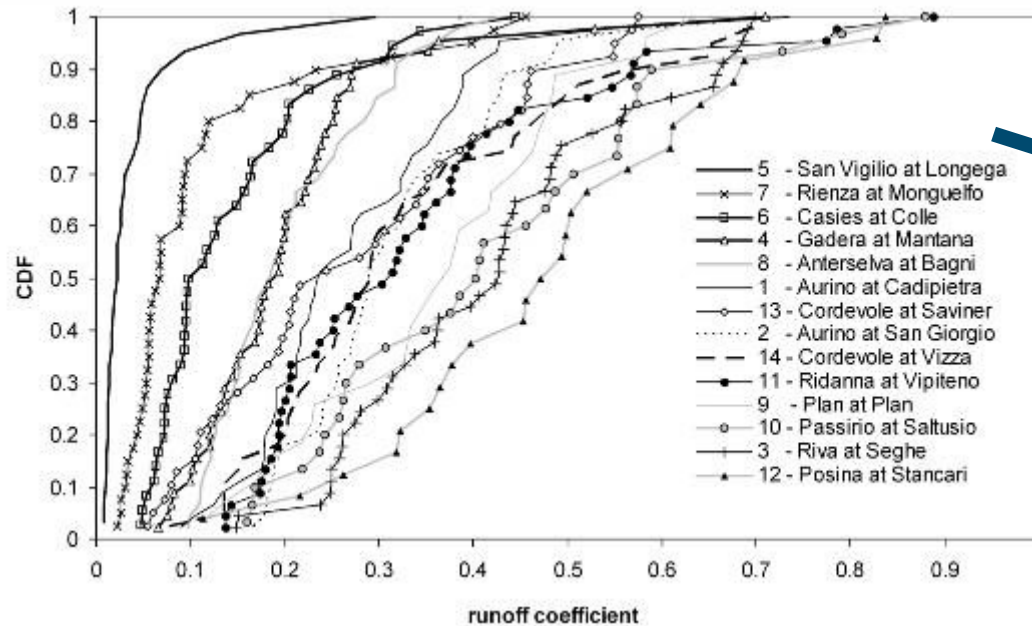


Rio San Vigilio a Longega $A=105.5 \text{ km}^2$



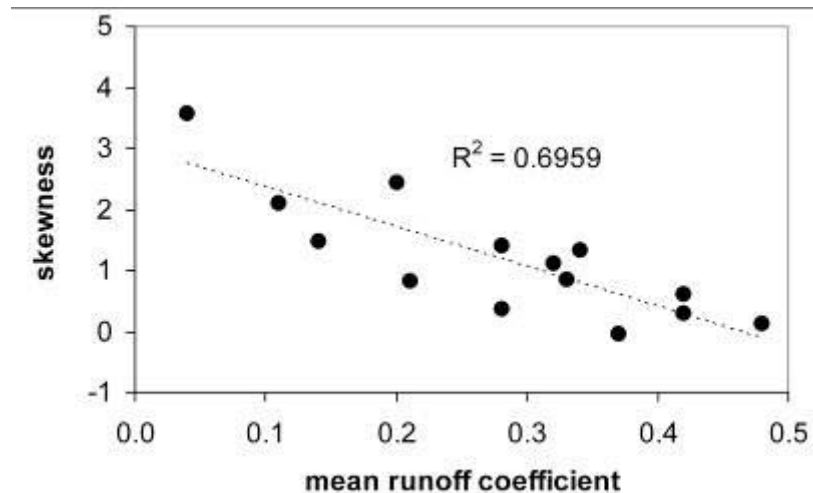
Cordevole a Saviner $A=109 \text{ km}^2$

Distribuzioni cumulate del coefficiente di deflusso



535 eventi

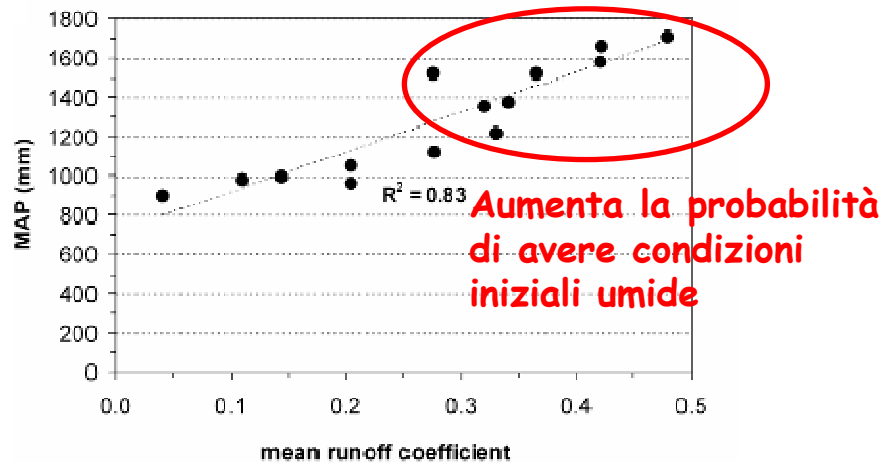
Grande variabilità della risposta idrologica nella zona di studio



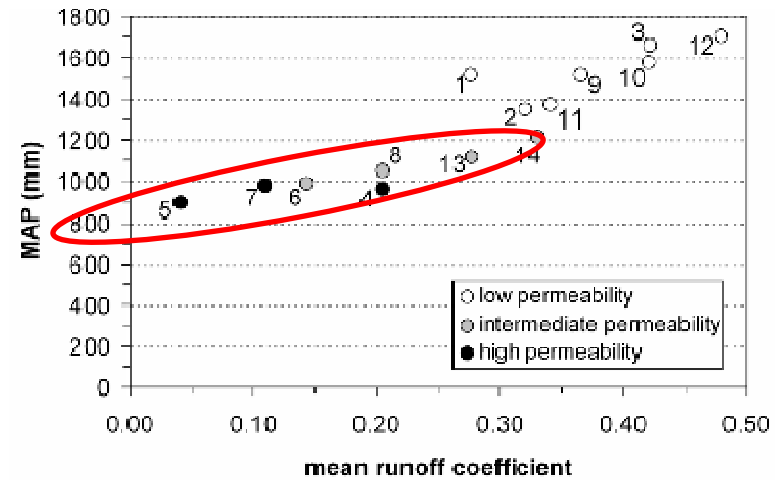
➤ All' aumentare del valore medio del coefficiente di deflusso diminuisce l'asimmetria

➤ Al diminuire del valore medio del coefficiente di deflusso aumenta l'asimmetria (presenza di outliers)

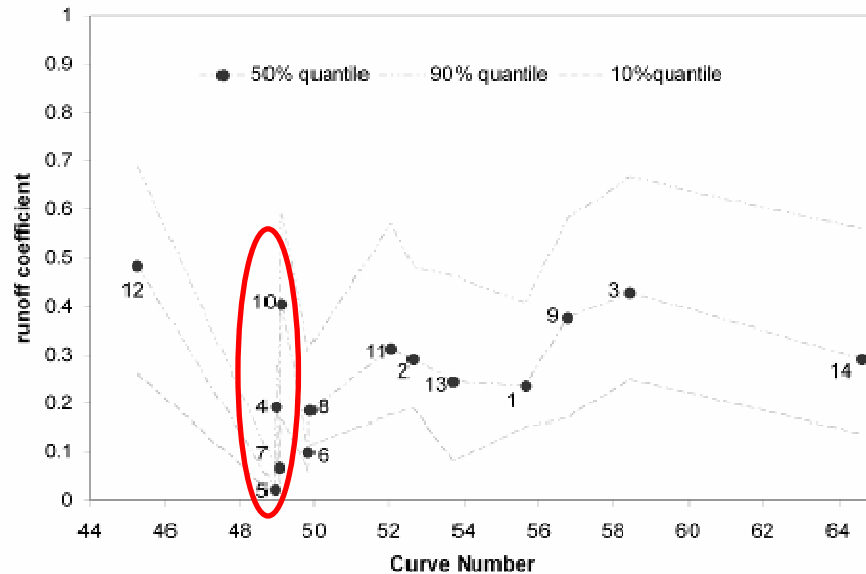
Il ruolo del clima



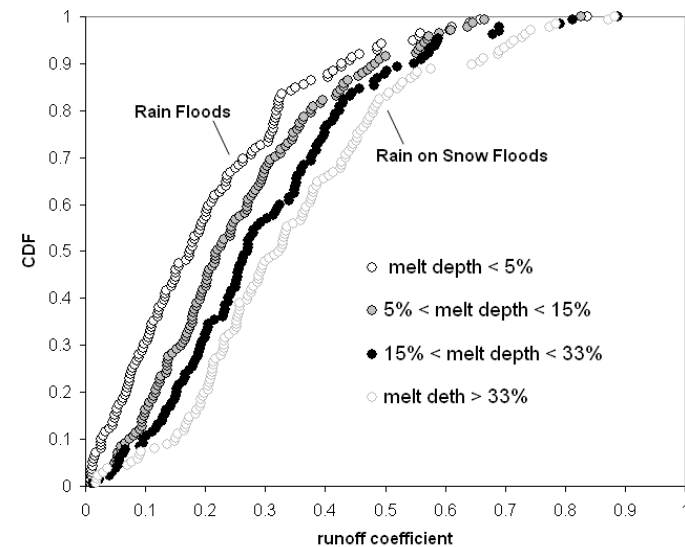
Il ruolo della geologia



Il ruolo dell'uso dell' uso



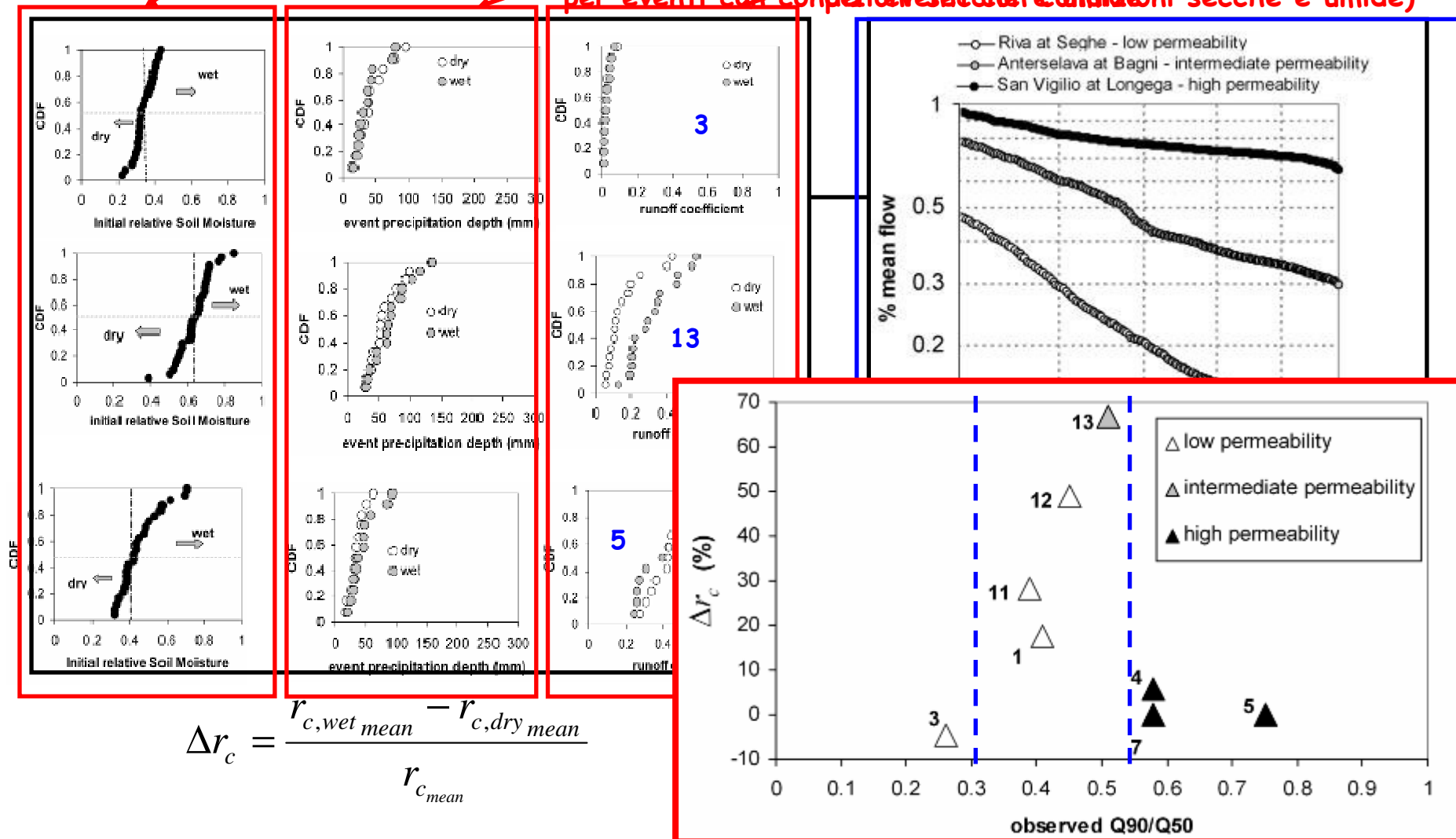
Il ruolo del tipo di precipitazione



Il ruolo delle condizioni iniziali di saturazione

Condizioni iniziali da modello idrologico

Variabilità della precipitazione e del coefficiente di deflusso per eventi con condizioni iniziali con condizioni secche e umide)



$$\Delta r_c = \frac{r_{c,wet\ mean} - r_{c,dry\ mean}}{r_{c\ mean}}$$

Uso della geologia come predittore?

- Eterogeneità
- Fra strutture litologiche dello stesso tipo
- all'interno dello stesso bacino
- Altri controlli di primo ordine
- Clima
- Uso del suolo
- Etc
- Collegamento con i processi idrologici non è esplicito

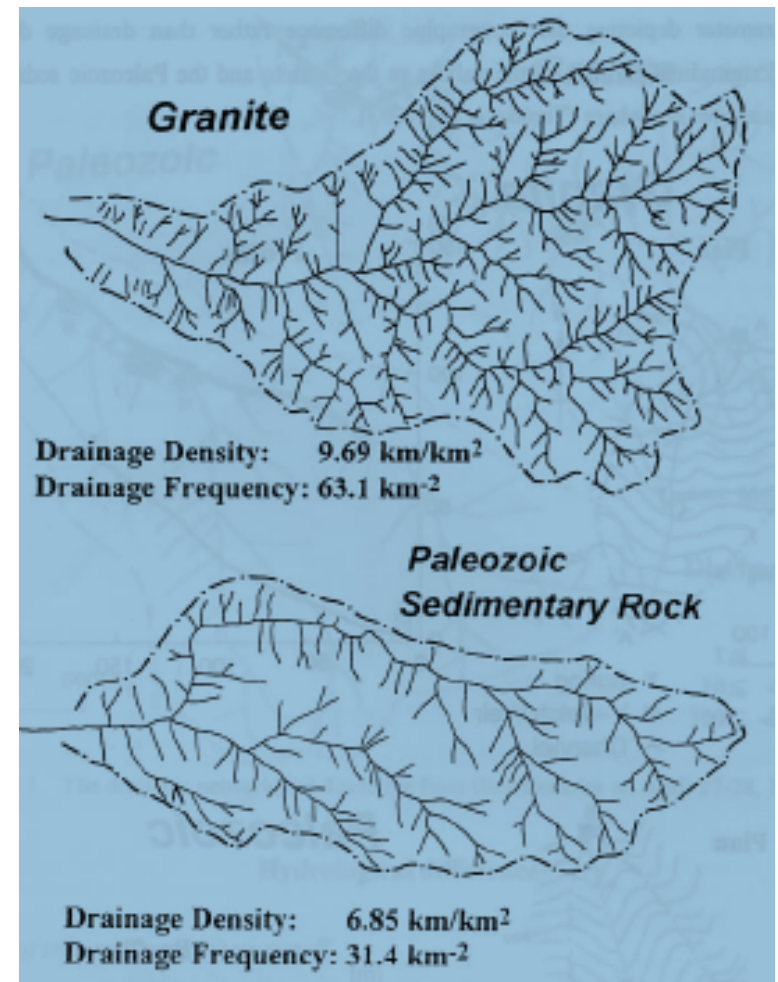
Possiamo individuare una MISURABILE proprietà morfometrica che descrive in modo significativo la struttura geologica ed al contempo stabilisce un collegamento con i processi idrologici?

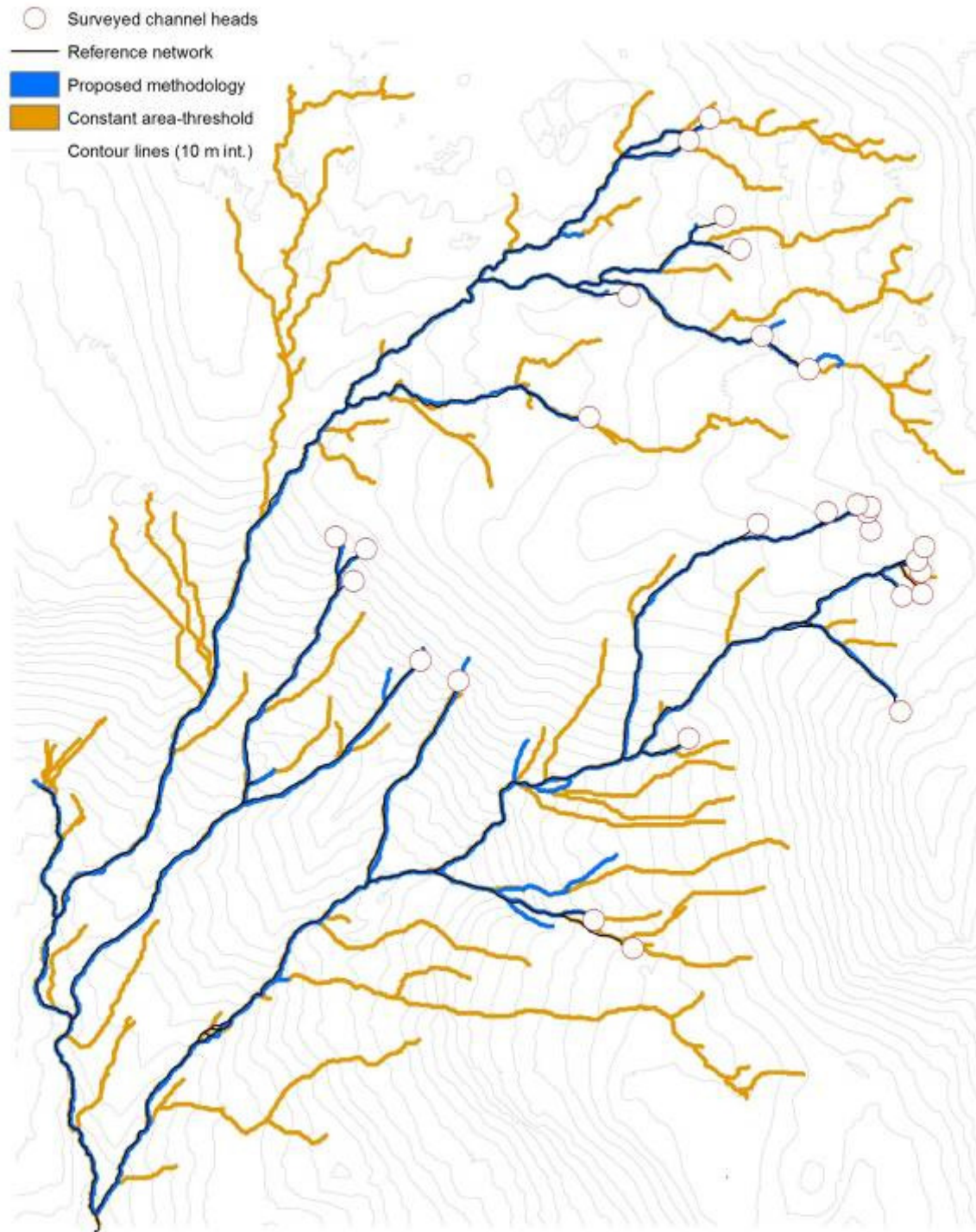
Analisi della variabilità regionale della DENSITA' DI DRENAGGIO (DD)

DD=

(estensione reticolo)/(area bacino)

- Misurabile a scala regionale (LIDAR)
- Rappresentativa della geologia (litologia, struttura, storia)
- Riflette l'interazione fra geologia e clima
- Direttamente applicabile nella modellistica
- Collegata ai processi idrologici



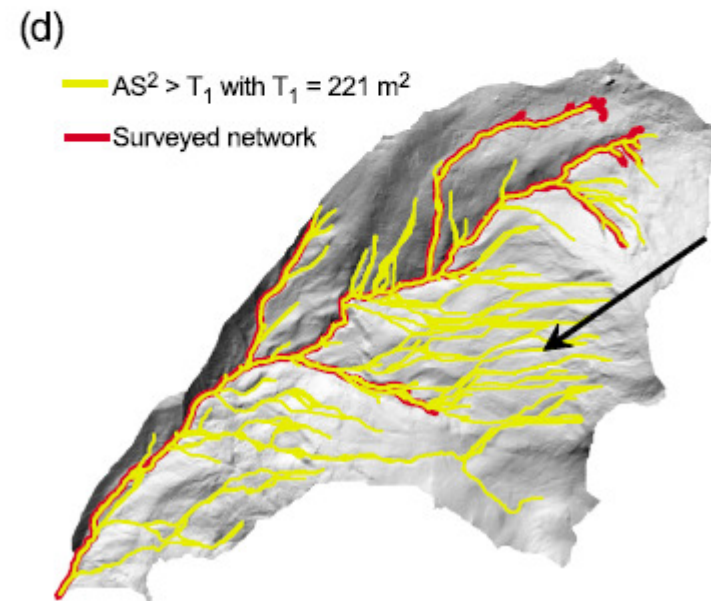
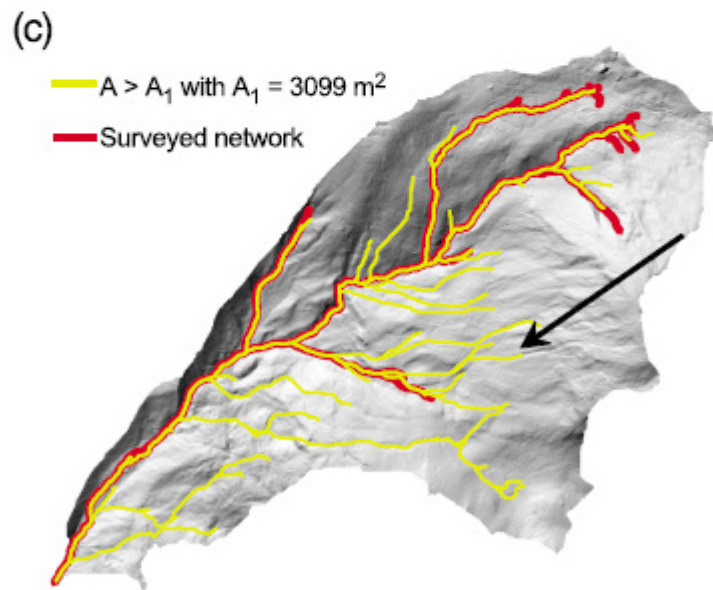
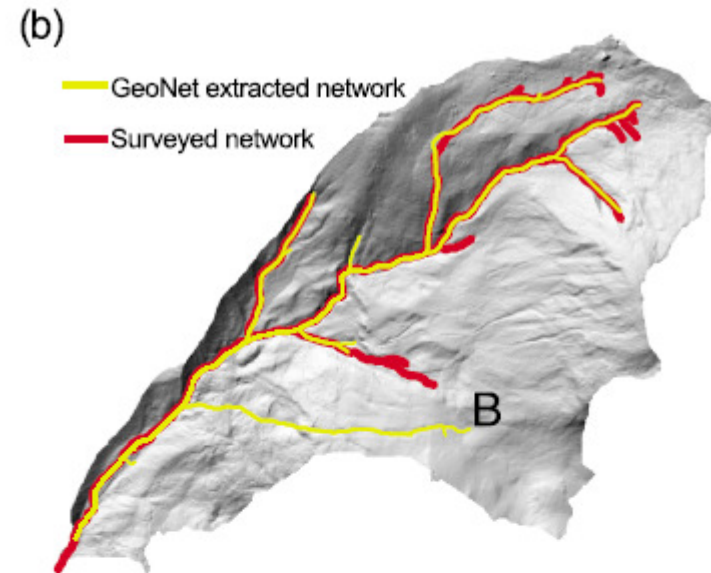
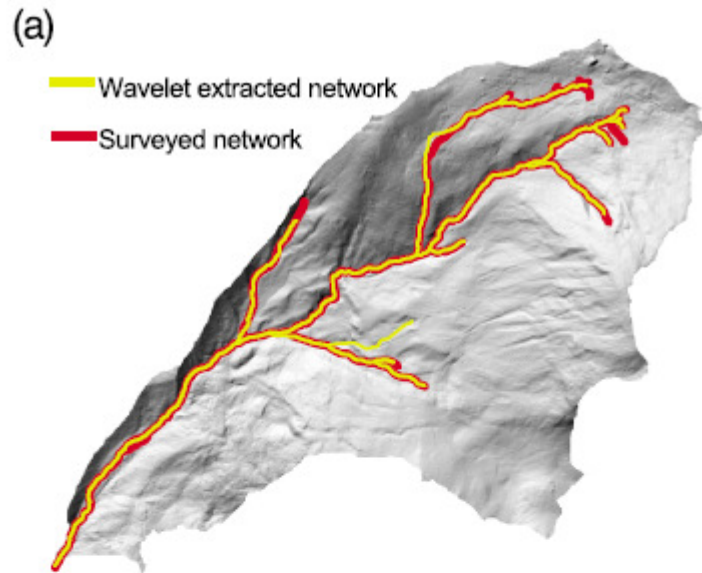


Uso di dati LIDAR per inferire le proprietà del reticolo idrografico

Analisi sul Rio Cordon

(Courtesy P. Tarolli)

-Sofia, Tarolli, Cazorzi, and Dalla Fontana, HESS (2011)



0 75 150 300m

(Courtesy P. Tarolli)

-Passalacqua, Tarolli, and Foufoula-Georgiou, WRR (2010)

Collegamento teorico fra processi idrologici fondamentali e densità di drenaggio

Integrate Darcy's Law with some simplifying assumptions

$$T = K \cdot m = \frac{L_o^2 W}{8h_o}$$

T = transmissivity

K = hydraulic conductivity

m = aquifer thickness

W = recharge

h_o = height of water table

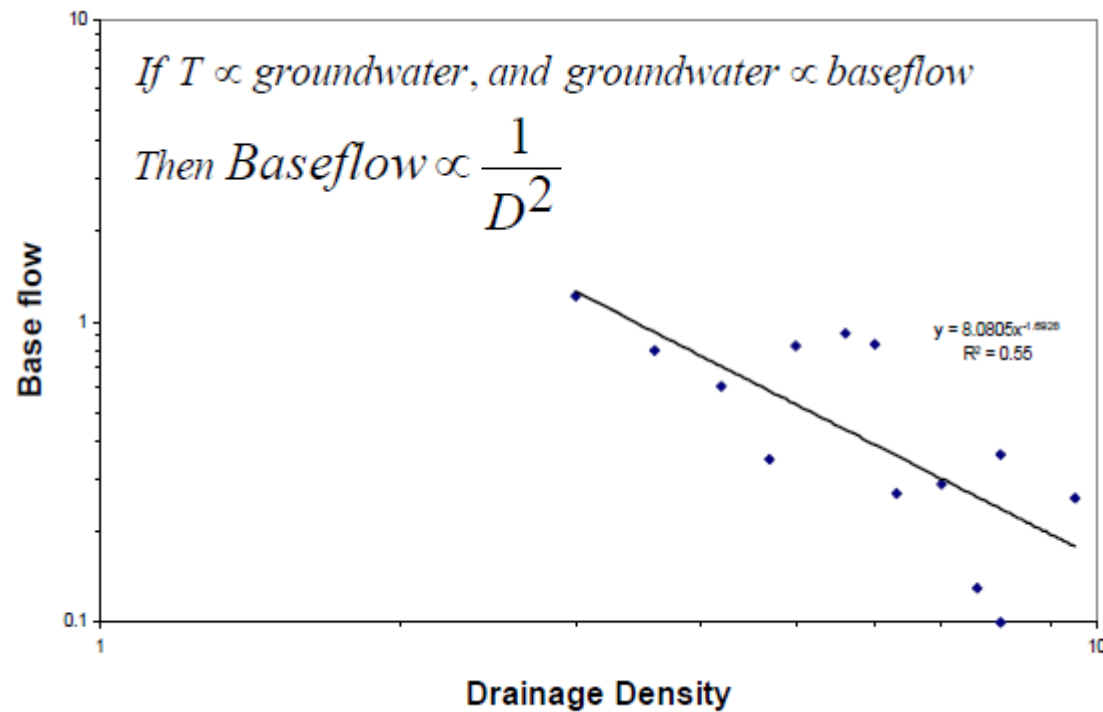
$$L_o = \frac{1}{2D} = \frac{1}{2} \times \begin{array}{l} \text{Spacing} \\ \text{btwn} \\ \text{streams} \end{array}$$

L_o = length of overland flow

D = drainage density

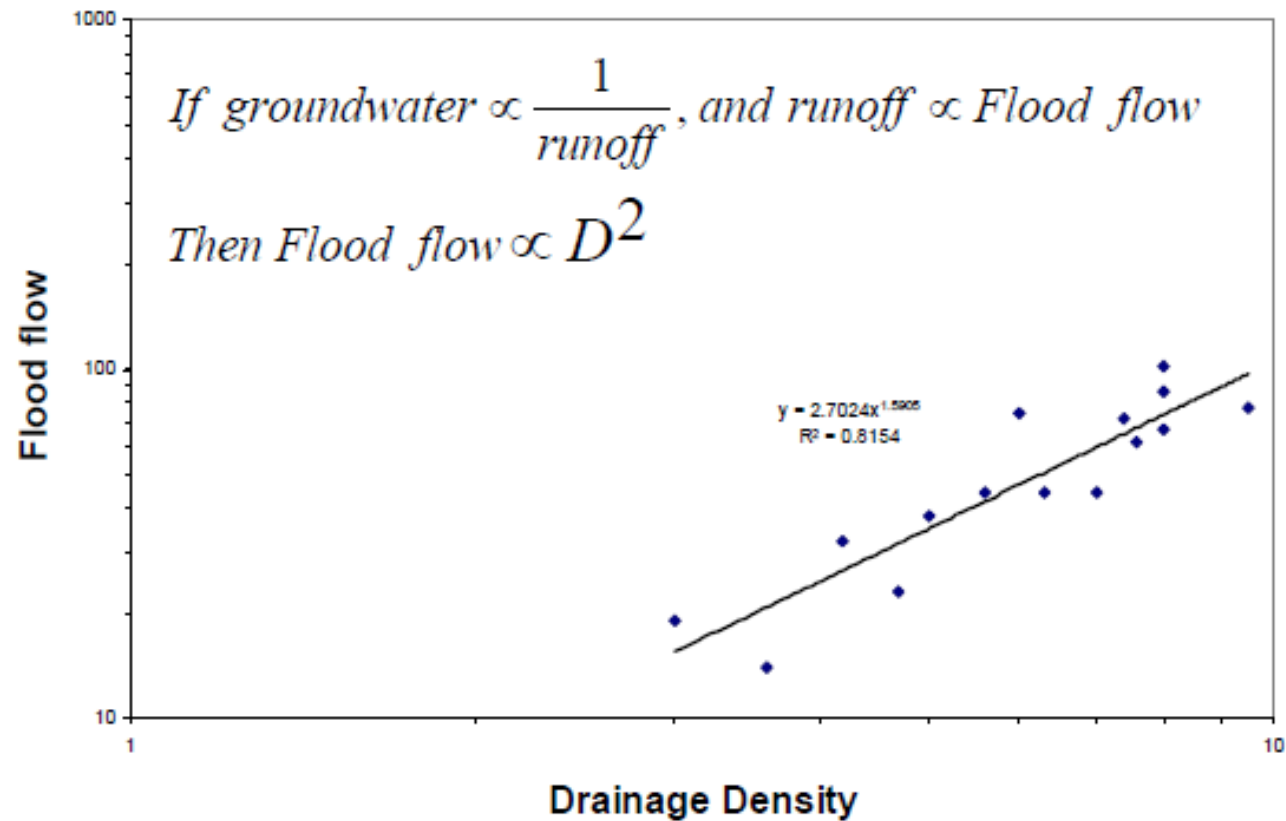
$$T = \frac{W}{2D^2 h_o} \quad T \propto \frac{1}{D^2}$$

Relazione fra DD e deflusso di base



(Courtesy G. Grant)

Relazione fra DD e picco di piena (piena indice $T_r=2$ anni)



(Courtesy G. Grant)

CONCLUSIONI - 1

- La variabilità delle precipitazioni ha un'influenza determinante nella modellazione di piena in bacini montani (relazione fra convezione e altimetria).
- La geologia, insieme al clima, è un fattore dominante di controllo sul coefficiente di deflusso, con coefficienti di deflusso che aumentano al diminuire della permeabilità.
- L'uso del suolo (classificato in base al SCS-Curve Number) ha un'influenza meno significativa sulla distribuzione del coefficiente di deflusso.
- L'impatto delle condizioni iniziali di umidità dei suoli è importante soprattutto per bacini con capacità di assorbimento intermedie.

CONCLUSIONI - Raccomandazioni

- Sviluppo di modelli stocastici di precipitazione che possano descrivere l'influenza della altimetria/morfometria del bacino sulla organizzazione spaziale della precipitazione e la sua variabilità di fase.
- Sviluppo di nuovi approcci modellistici integrati in grado di rappresentare in modo misurabile il controllo della geologia. Uso di dati LIDAR per l'analisi della Densità di Drenaggio.
- Densità di Drenaggio costituisce una proprietà morfometrica misurabile che surroga variabili 'non misurabili' (conducibilità idraulica satura dei suoli e delle strutture litologiche)