

# La difesa dalle alluvioni nel territorio alpino

Convegno conclusivo del progetto FLORA

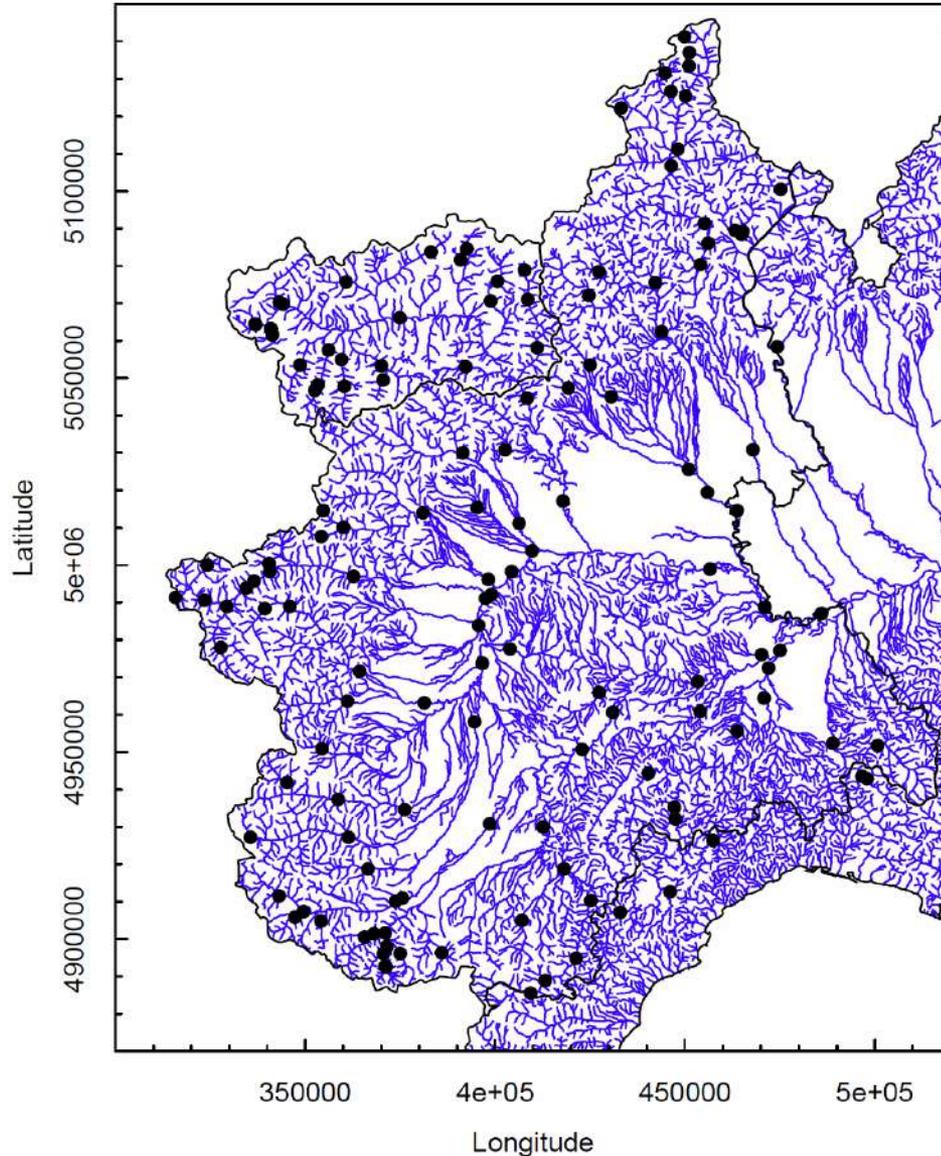
## FONDAMENTI ED APPLICAZIONI DEL METODO ARPIEM DI VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Francesco LAIO, Secondo BARBERO,  
Pierluigi CLAPS, Daniele GANORA

Politecnico di Torino- Arpa Piemonte

Torino, 9 maggio 2012

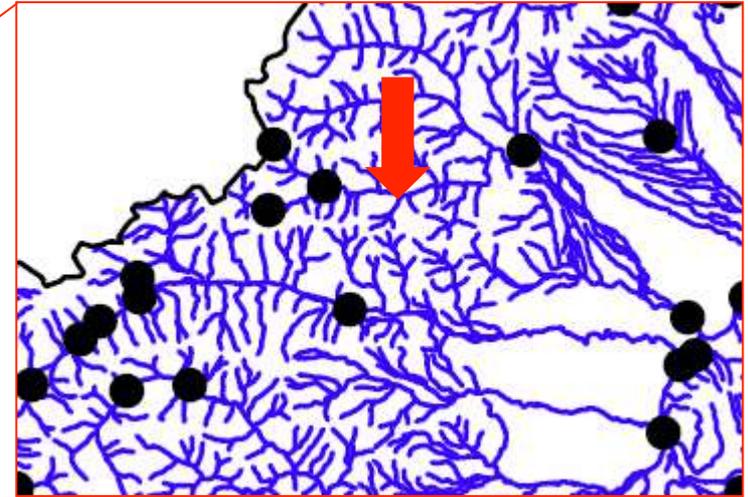
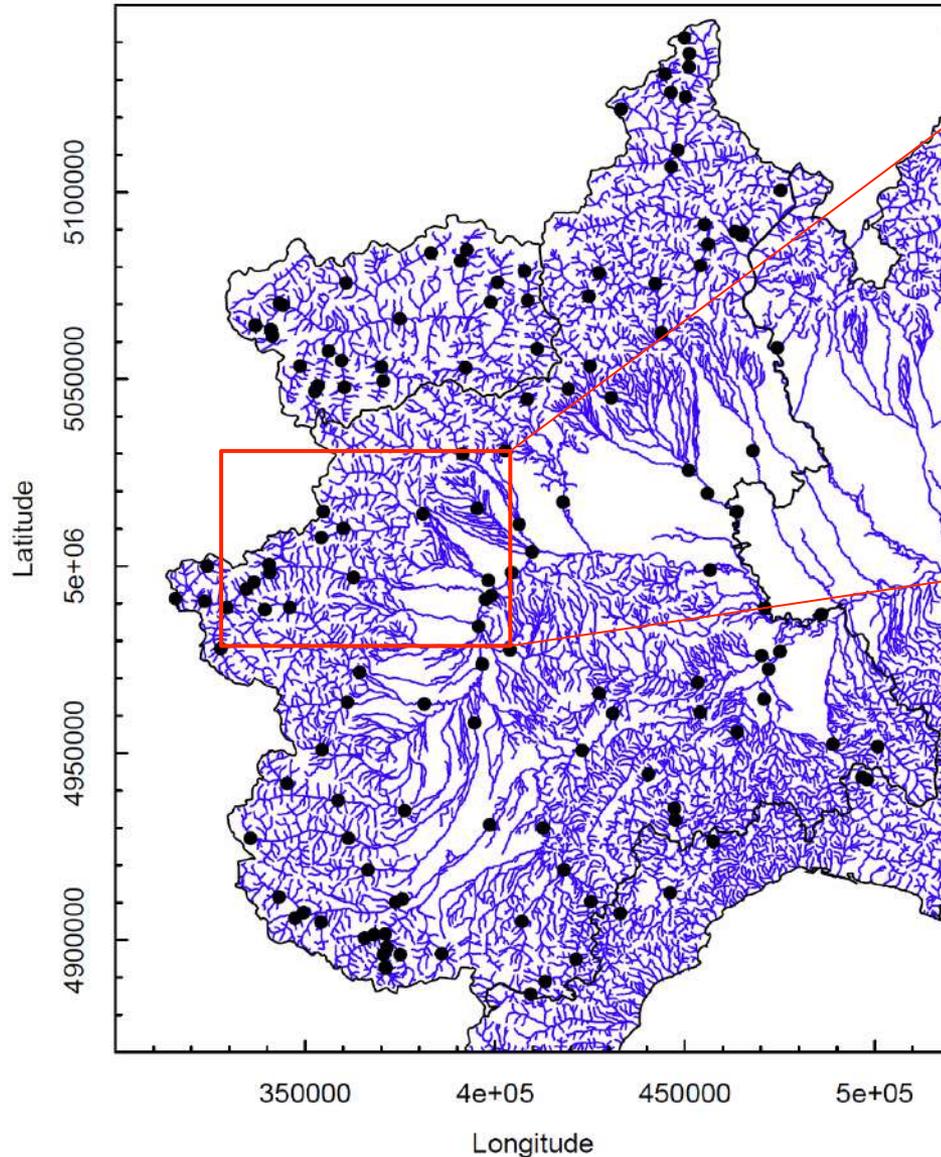
## Introduzione all'analisi regionale



Disponibilità portate al  
colmo di piena in  
sezioni distribuite sul  
territorio

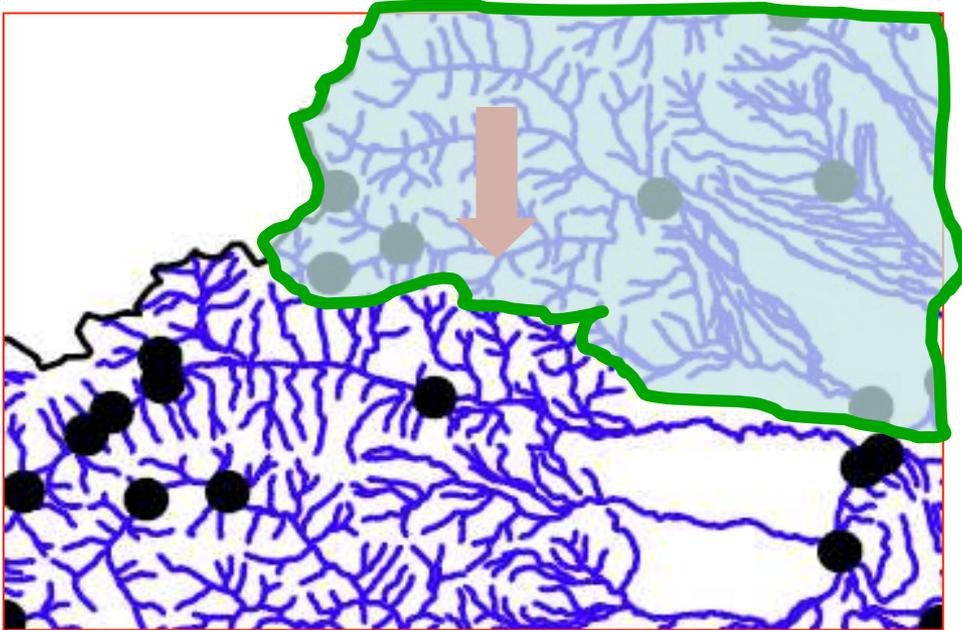
Necessità di stimare le  
portate di progetto in  
un punto qualsiasi del  
reticolo idrografico

# Introduzione all'analisi regionale



Necessità di stimare le portate di progetto in un punto qualsiasi del reticolo idrografico

## Approccio classico: regioni omogenee



Esempio: Regione Alpi Graie e Regione Alpi Cozie

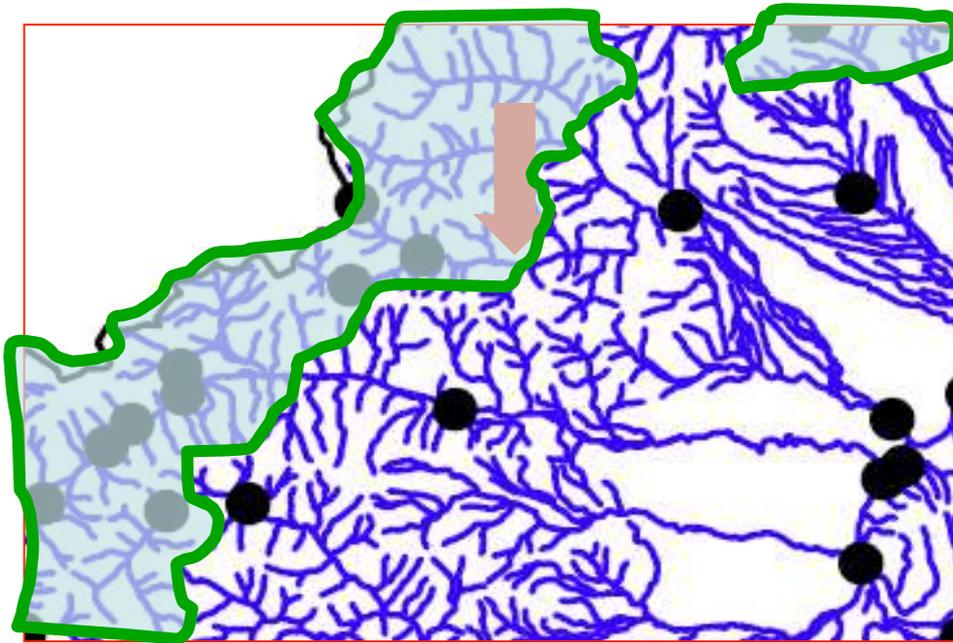
La sezione ricade in una regione statisticamente omogenea delimitata geograficamente

Si stima la curva di frequenza come media di quelle campionarie ricadenti nella regione (riscalate per la propria media)

### Problemi:

Comportamento idrologico non dipende solo dalla geografia  
Omogeneità statistica non riscontrabile con serie brevi

## Approccio classico: regioni omogenee



Esempio: Regione Quota Elevata

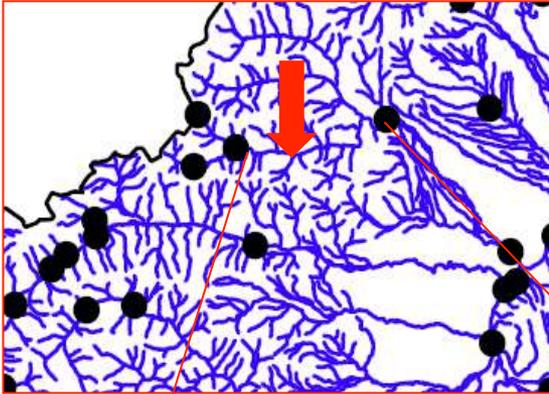
Regioni omogenee non geografiche

Si ricercano i descrittori che meglio spiegano la variabilità idrologica. Si stima la curva di frequenza come in precedenza

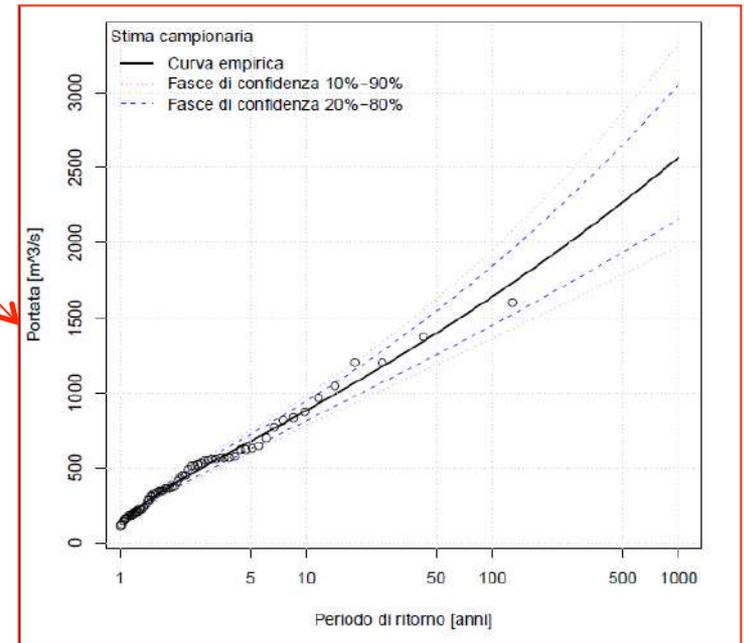
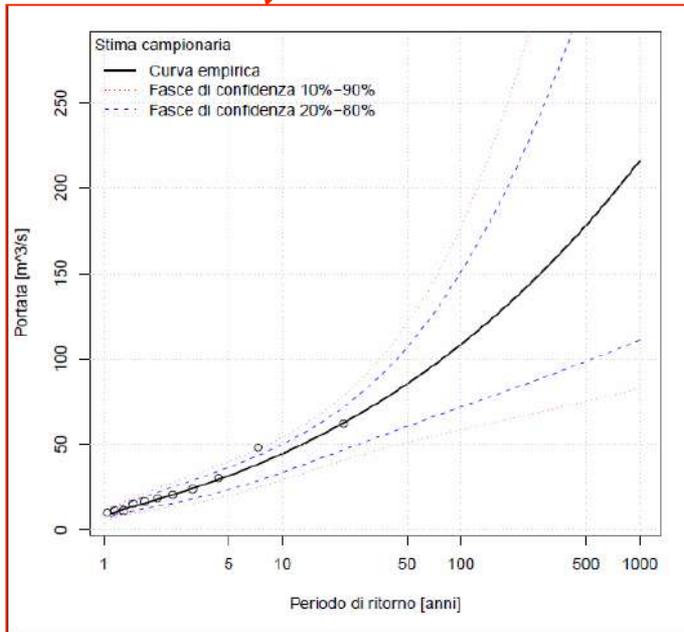
### Problemi:

Discontinuità delle portate di progetto ai bordi  
Omogeneità statistica non riscontrabile con serie brevi

# Superamento approccio regioni omogenee



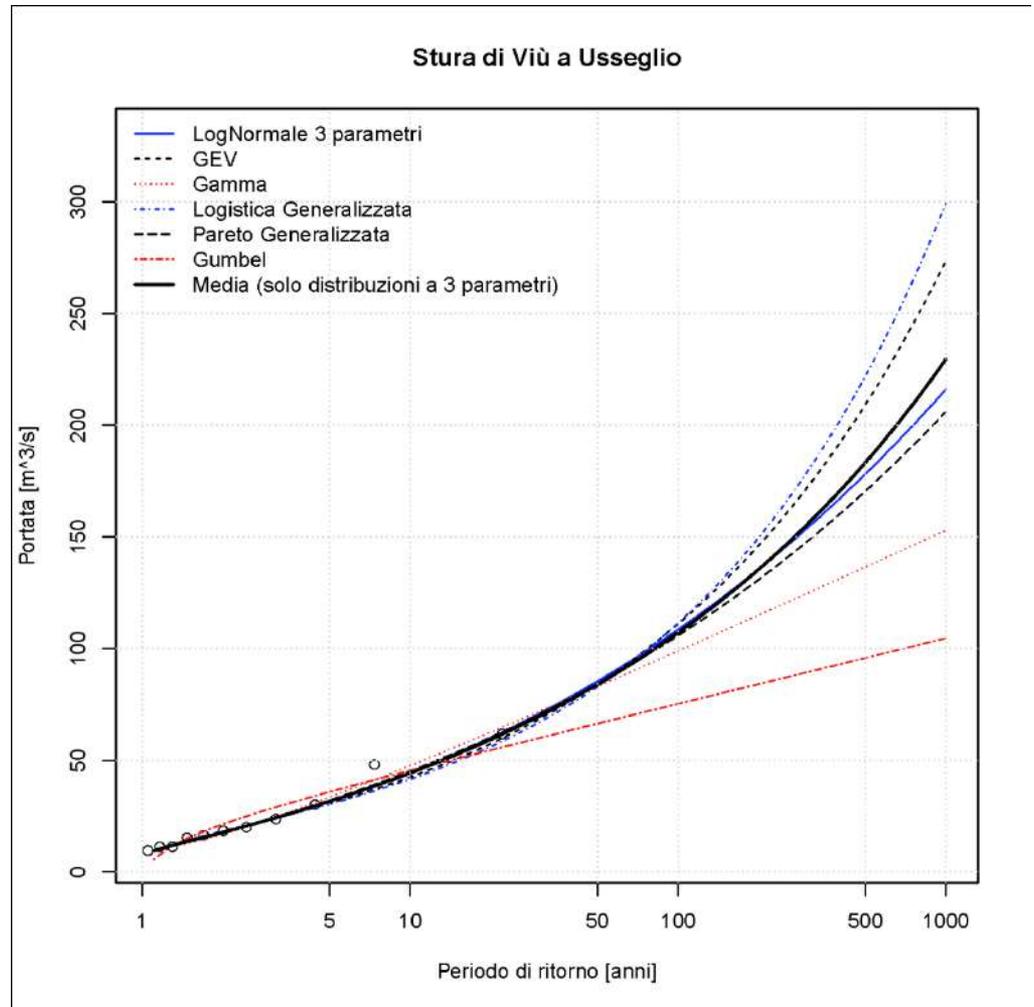
Analisi di frequenza  
 locale e mappatura  
 spaziale dei parametri



# Analisi di frequenza locale e mappatura spaziale dei parametri

## Problemi:

- Quale distribuzione di probabilità?
- Scelta impossibile con campioni piccoli
- Eliminare le serie brevi?
- Perdita informazione fondamentale



# Il metodo ARPIEM

## Analisi Regionale delle PIENE in Montagna

- Fase 1: Stima locale non parametrica
- Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti
- Fase 3: Stima delle portate di progetto
- Fase 4: Analisi dell'incertezza associata alle stime

# Metodo ARPIEM

## Fase 1: Stima locale non parametrica

Per ogni serie disponibile si stimano gli L-momenti campionari

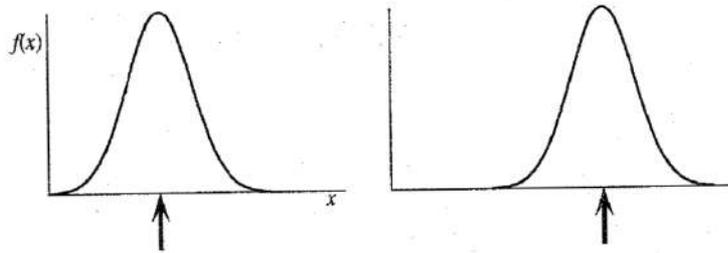


Fig. 2.1. Definition sketch for first  $L$ -moment.

$L_1 = \text{media}$   
 Valore centrale del campione

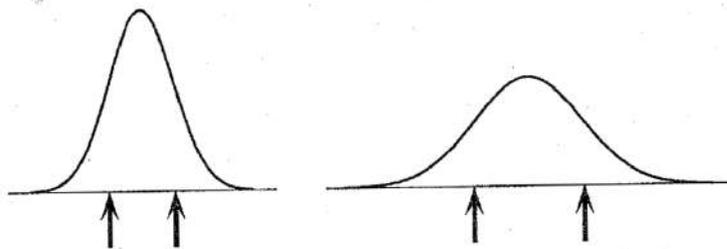


Fig. 2.2. Definition sketch for second  $L$ -moment.

$L\text{-CV}$   
 Coefficiente di variabilità intorno al valore centrale

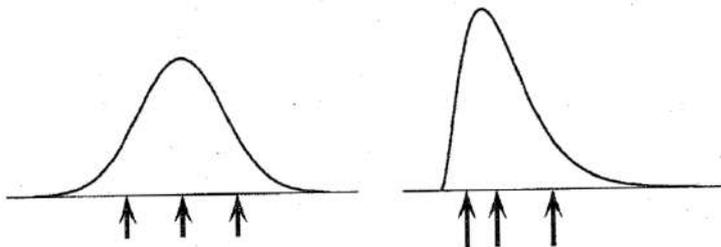


Fig. 2.3. Definition sketch for third  $L$ -moment.

$L\text{-CA}$   
 Coefficiente di simmetria

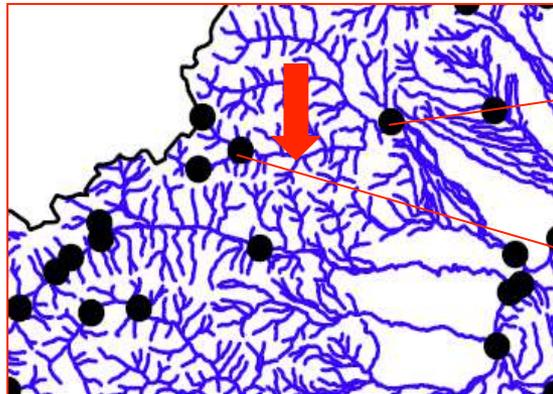
# Metodo ARPIEM

## Fase 1: Stima locale non parametrica

### Vantaggi

La stima non richiede la scelta a priori della distribuzione  
L-momenti sono robusti rispetto alla presenza di outliers e di  
campioni di dimensione ridotta

Possibilità di stimare l'incertezza associata agli L-momenti  
campionari



$$L_1 = 612 \text{ m}^3/\text{s} \quad \sigma_{L_1} = 342 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L\text{-CV} = 0.47 \quad \sigma_{L\text{-CV}} = 0.29$$

$$L\text{-CA} = 0.13 \quad \sigma_{L\text{-CA}} = 0.11$$

$$L_1 = 142 \text{ m}^3/\text{s} \quad \sigma_{L_1} = 92 \text{ m}^3/\text{s}$$

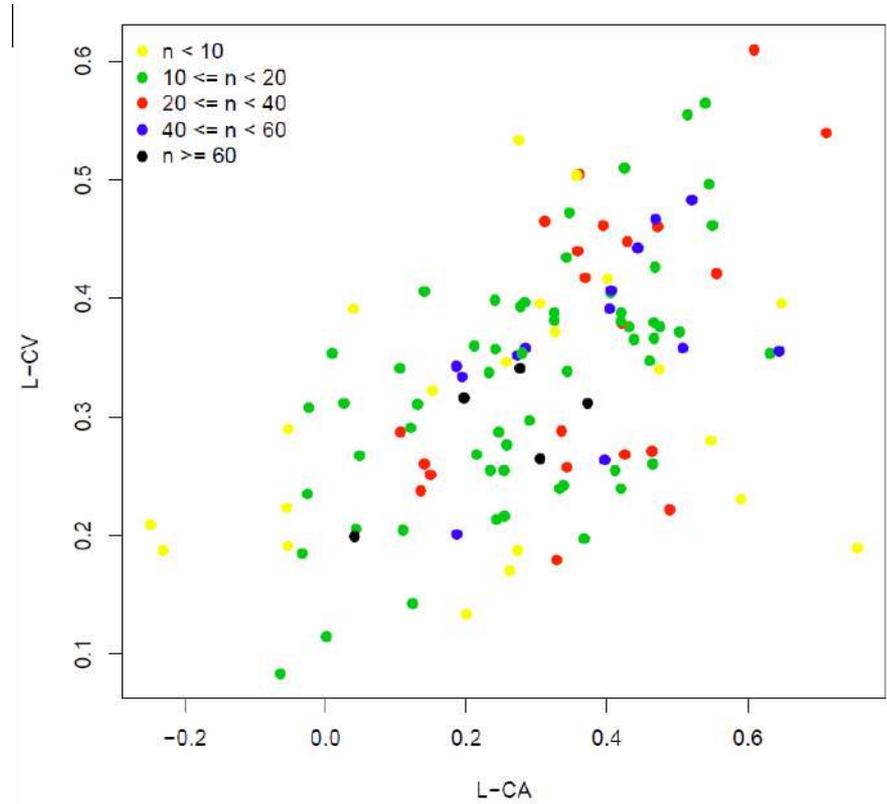
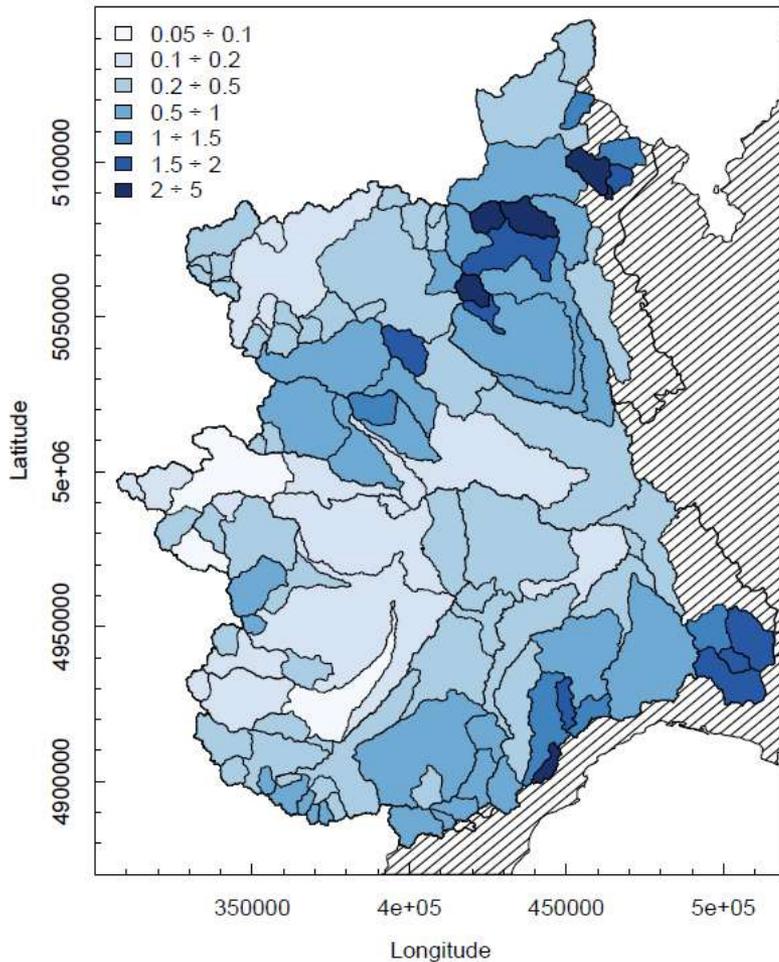
$$L\text{-CV} = 0.41 \quad \sigma_{L\text{-CV}} = 0.32$$

$$L\text{-CA} = 0.43 \quad \sigma_{L\text{-CA}} = 0.52$$

# Metodo ARPIEM

## Fase 1: Stima locale non parametrica

### Piena media campionaria

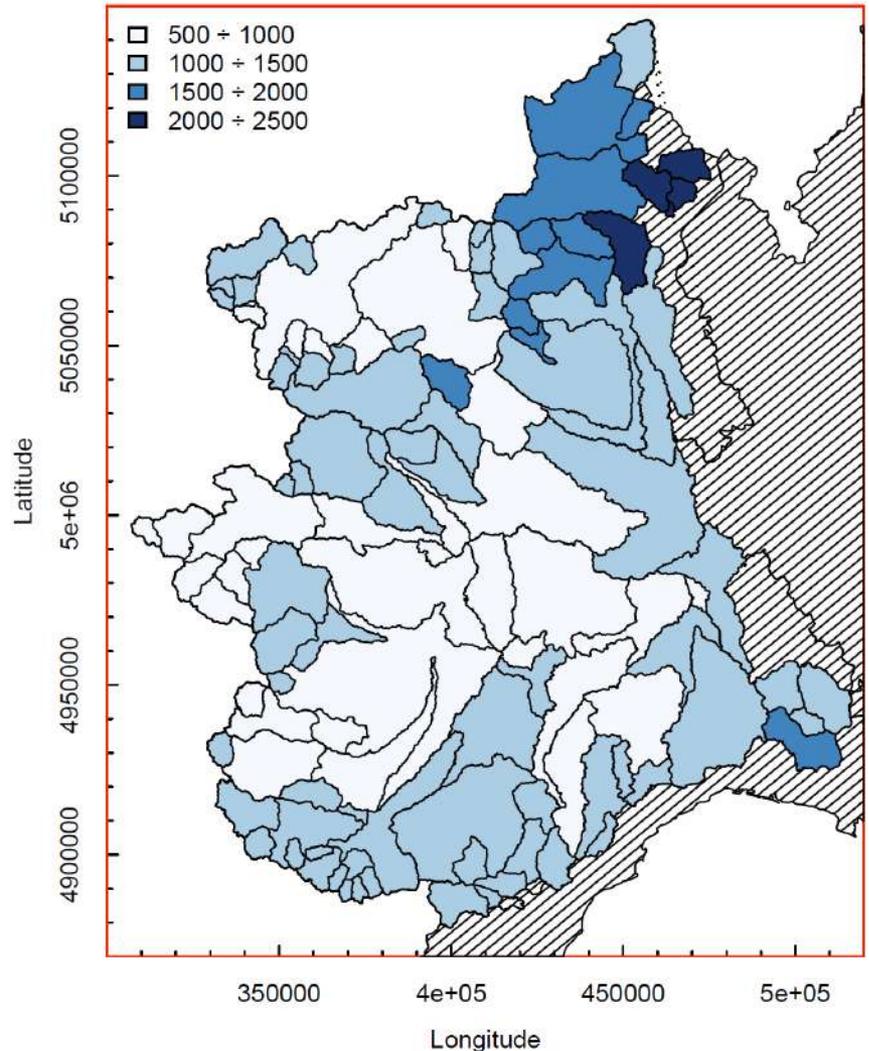


L-CV vs L-CA

# Metodo ARPIEM

## Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

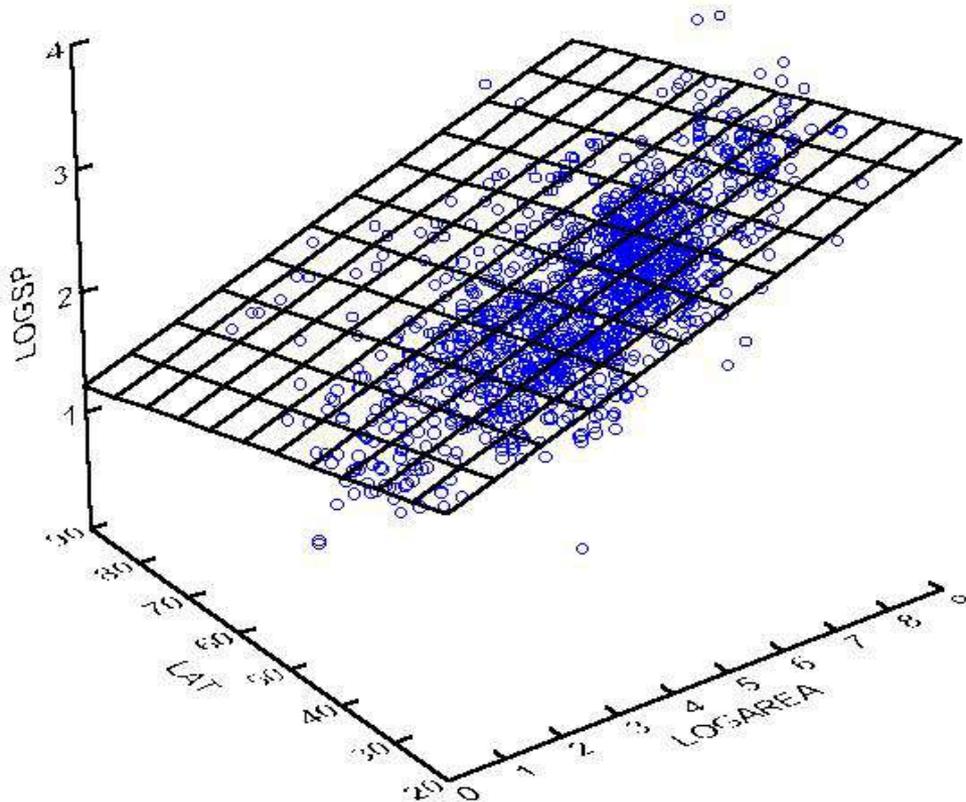
2A. Calcolo dei  
 descrittori  
 geomorfoclimatici per  
 tutti i bacini chiusi da  
 sezioni strumentate



# Metodo ARPIEM

## Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

### 2B. Definizione delle relazioni tra L-momenti e descrittori



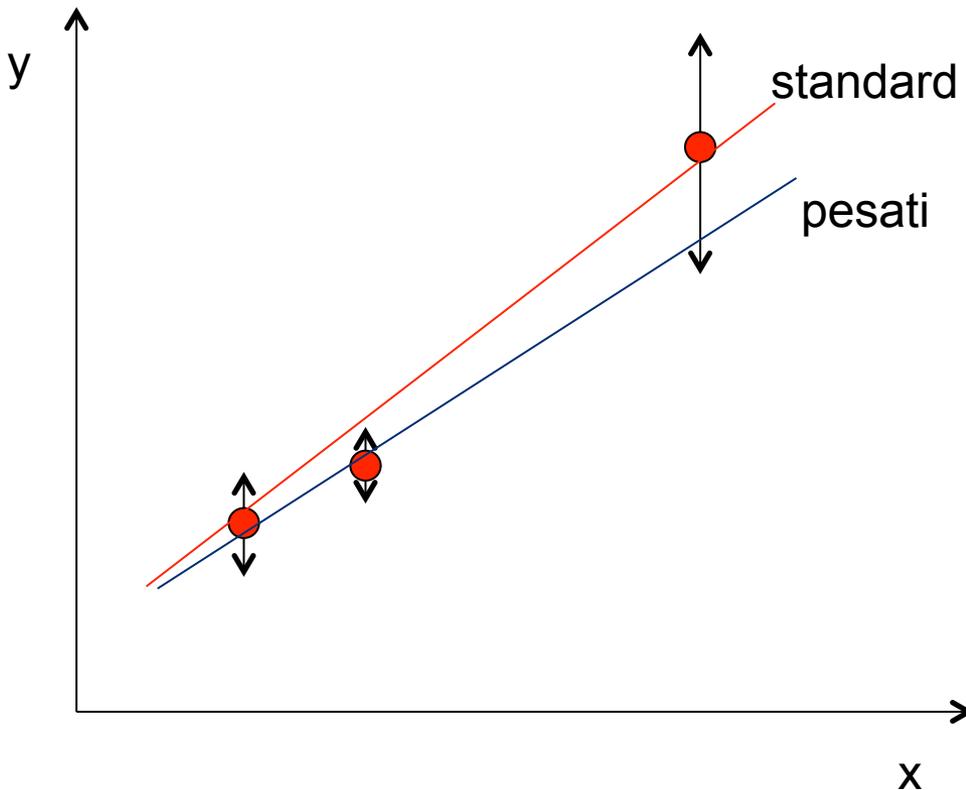
Regressioni lineari  
multiple

Effetti di  
nonlinearità:  
trasformazione  
logaritmica

# Metodo ARPIEM

## Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

### 2B. Definizione delle relazioni tra L-momenti e descrittori



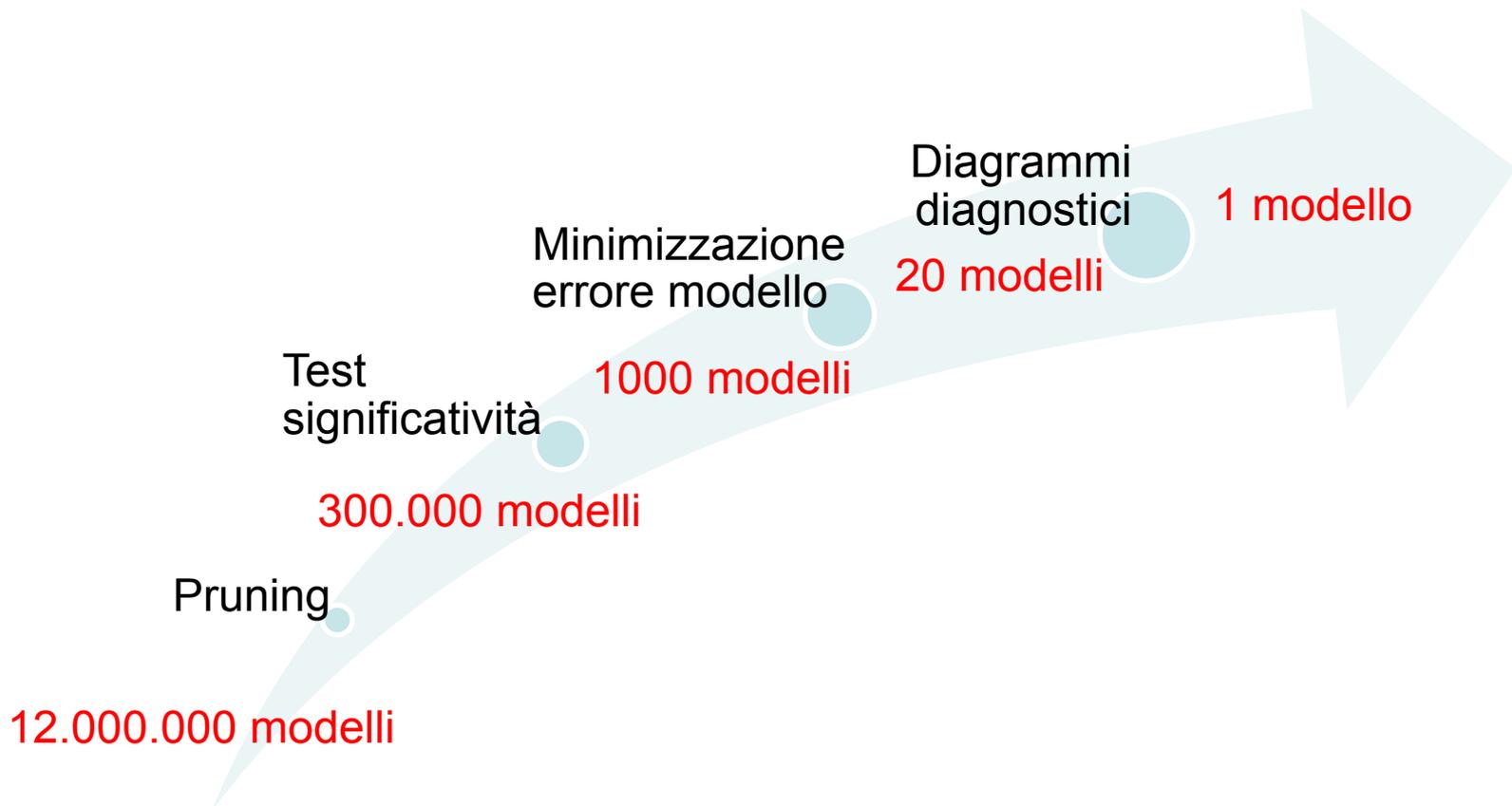
L-momenti calcolati  
 da campioni di  
 dimensione  
 diversa!

Minimi quadrati  
 pesati (modificati)  
 per stimare i  
 parametri dei  
 modelli regressivi

# Metodo ARPIEM

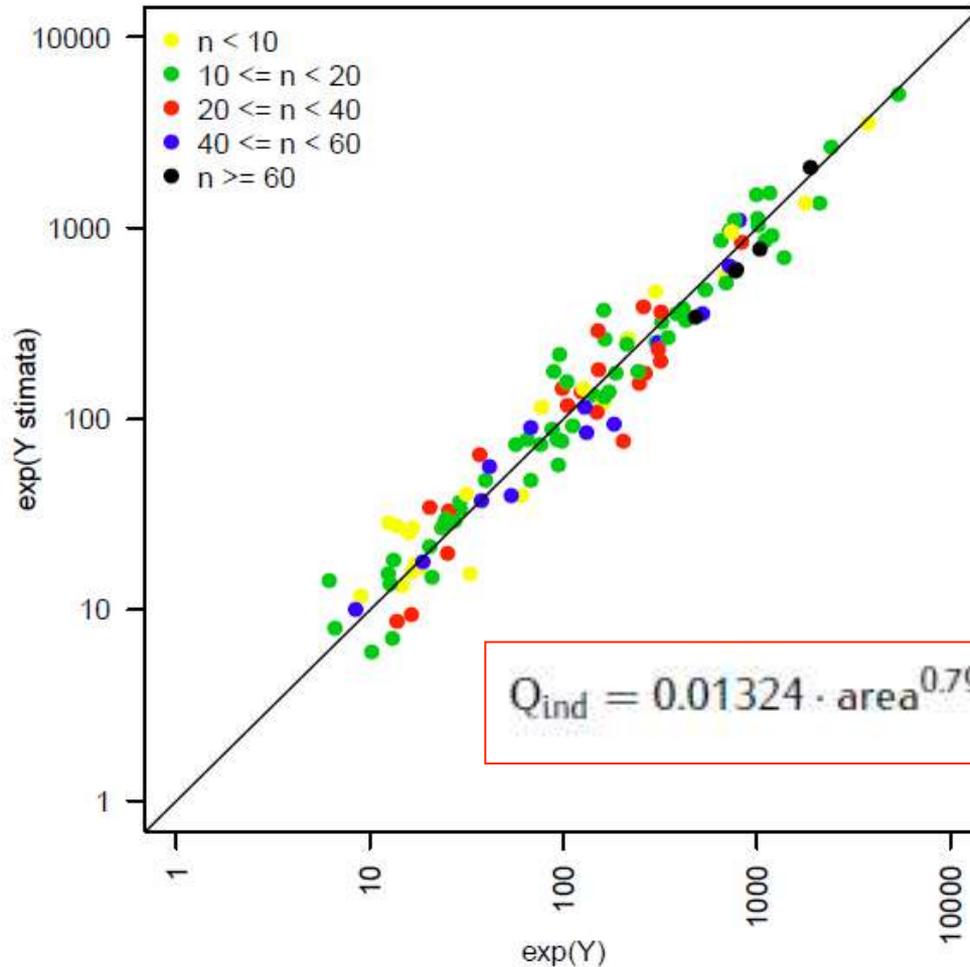
## Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

### 2B. Definizione delle relazioni tra L-momenti e descrittori



# Metodo ARPIEM

## Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

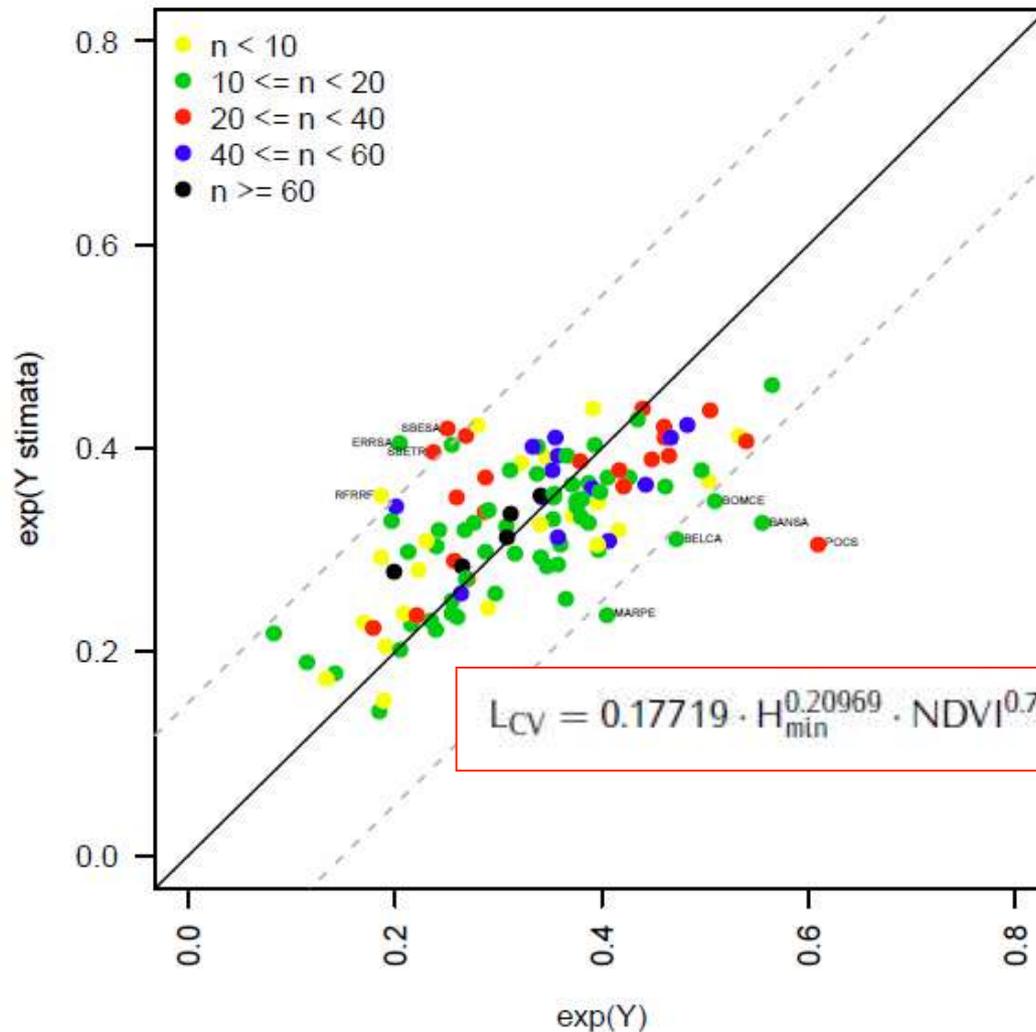


Piena media

$$Q_{ind} = 0.01324 \cdot area^{0.7995} \cdot IDF_a^{2.82089} \cdot IDF_n^{2.06805} \cdot LCV_{1h}^{1.33232}$$

# Metodo ARPIEM

## Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

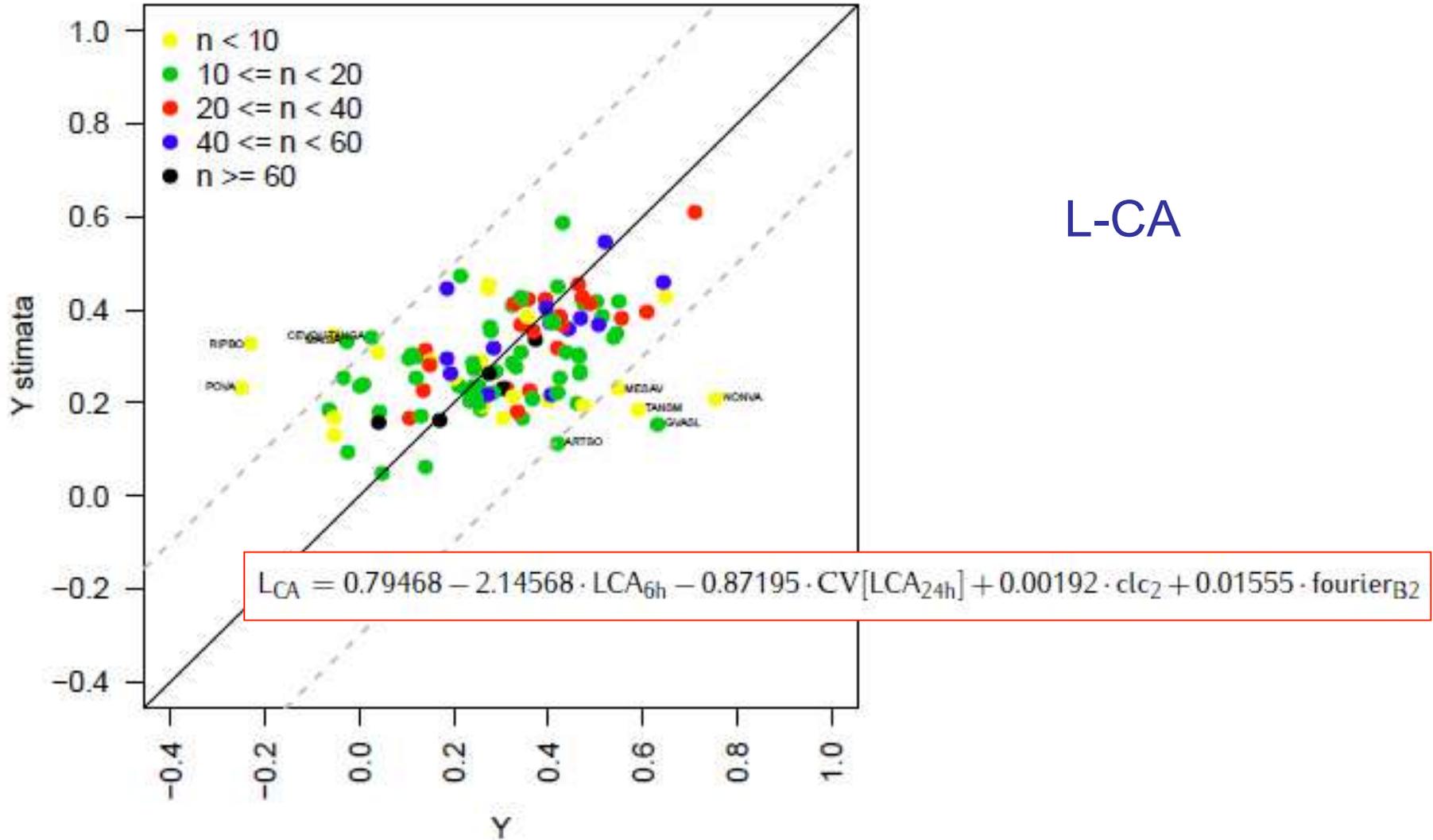


L-CV

$$L_{CV} = 0.17719 \cdot H_{\min}^{0.20969} \cdot NDVI^{0.71067} \cdot CV[IDF_a]^{0.21581} \cdot CV[L_{CV}_{6h}]^{-0.19252}$$

# Metodo ARPIEM

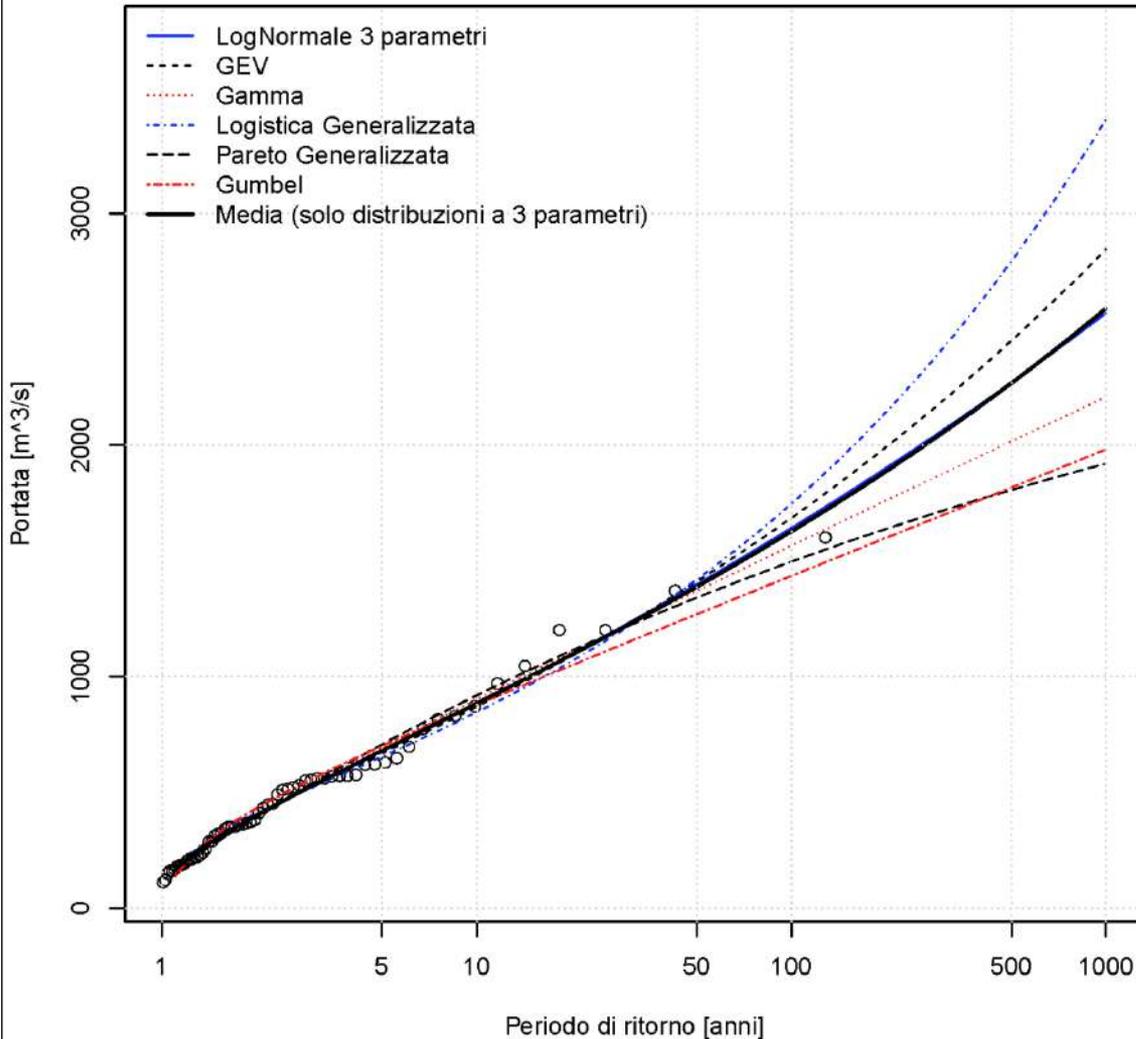
## Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti



# Metodo ARPIEM

## Fase 3: Stima delle portate di progetto

Stura di Lanzo a Lanzo



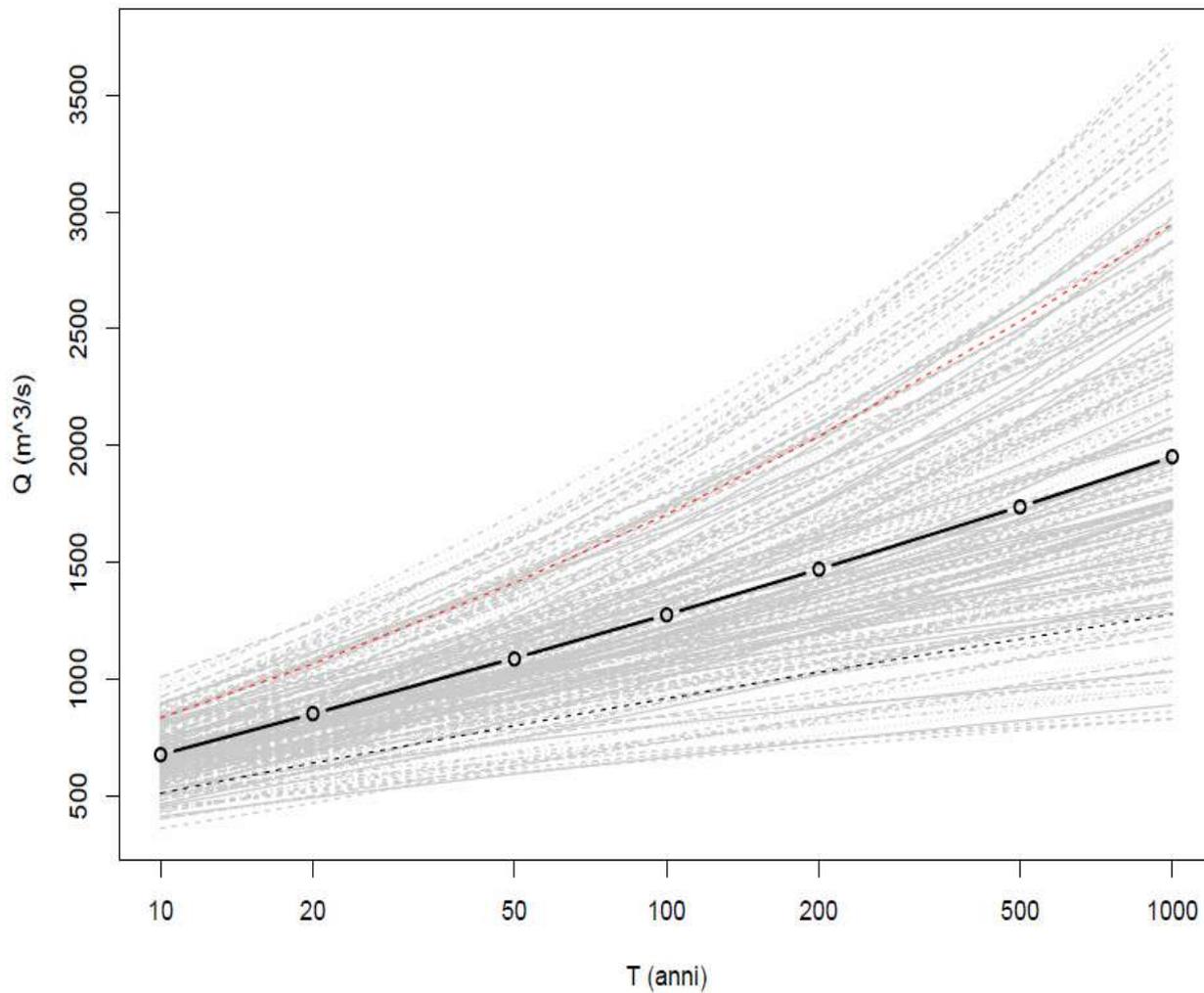
Scelta della distribuzione:  
 model averaging

Distribuzione Lognormale a tre parametri

Possibilità di stime miste locali/regionali

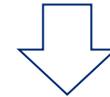
# Metodo ARPIEM

## Fase 4: Analisi dell'incertezza associata alle stime

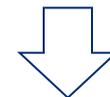


Propagazione  
incertezza

Coefficienti  
regressione



L-momenti



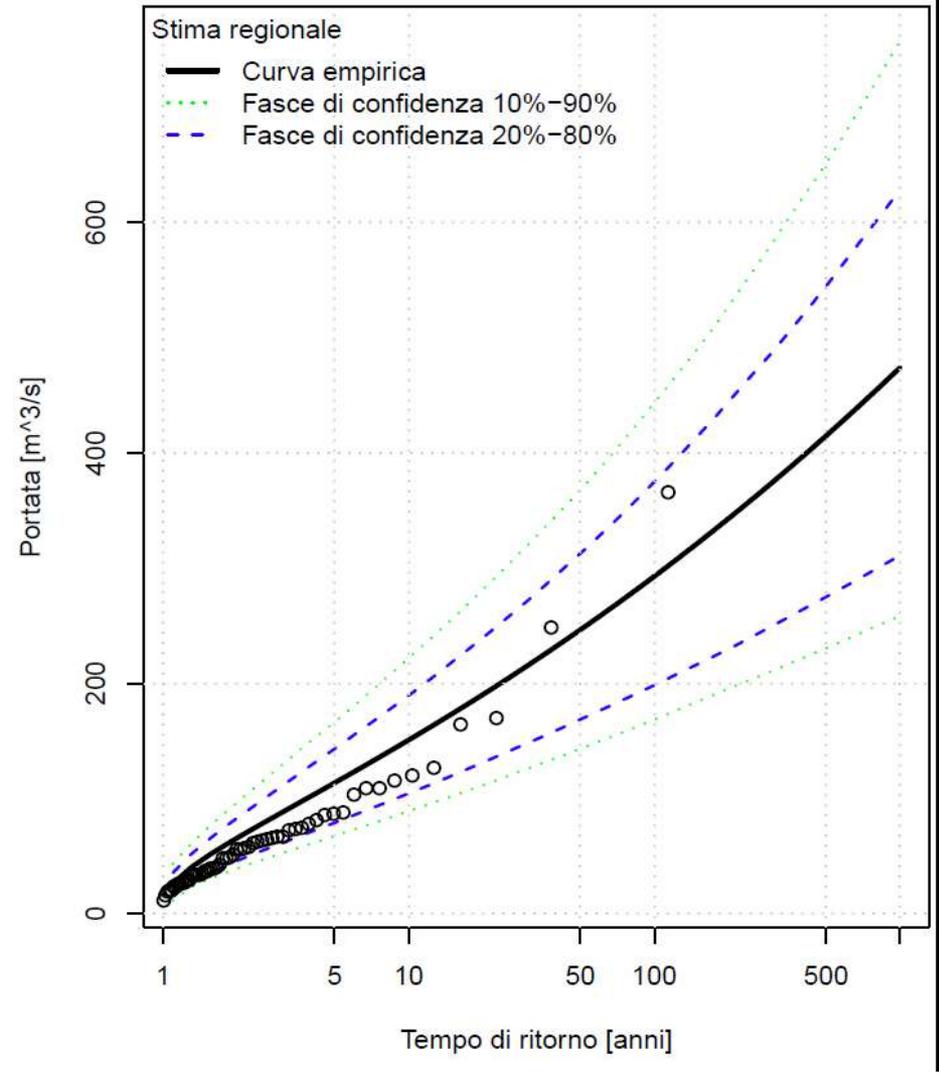
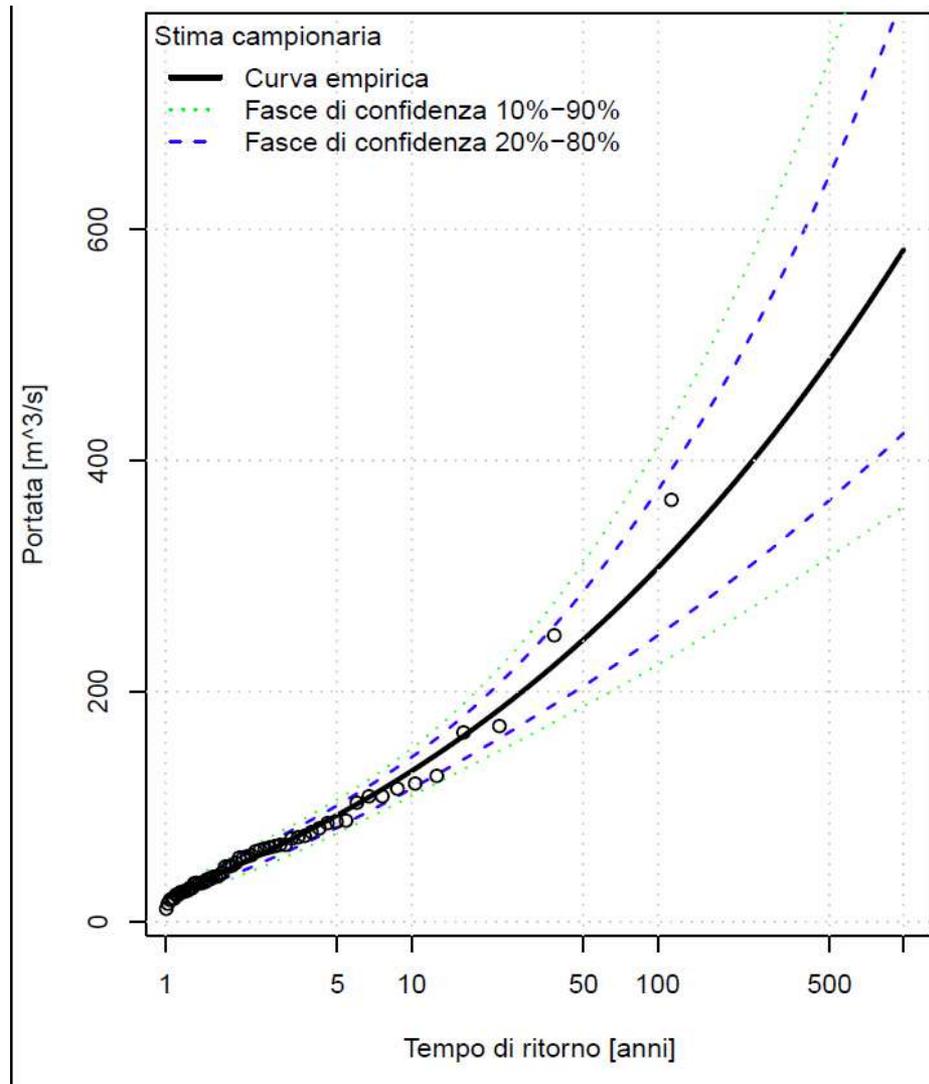
Parametri  
lognormale



Portate di progetto

# Metodo ARPIEM

## Esempio risultati



# Metodo ARPIEM

## Esempio applicazione: sito privo di dati



### 1. Determinazione dei descrittori

area	202.4
$H_{\min}$	338
$IDF_a$	30.586
$CV[IDF_a]$	0.062
$IDF_n$	0.392
$LCV_{1h}$	0.173
NDVI	0.599
$CV[LCV_{6h}]$	0.066
$LCA_{6h}$	0.222
$CV[LCA_{24h}]$	0.134
$fourier_{B2}$	-6.964
clc2	73.15

# Metodo ARPIEM

## Esempio applicazione: sito privo di dati

2. Calcolo degli L-momenti da regressione

Variabile	media	dev. standard
$Q_{ind}$	199.5	69.34
$L_{CV}$	0.3866	0.0589
$L_{CA}$	0.2333	0.0961

3. Calcolo dei parametri della lognormale

$$\left. \begin{array}{l} Q_{ind} \\ L_{CV} \\ L_{CA} \end{array} \right\} \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} k = -0.48372 \\ \alpha = 123.99 \\ \xi = 167.69 \end{array} \right.$$

# Metodo ARPIEM

## Esempio applicazione: sito privo di dati

4. Stima delle portate di progetto per assegnato periodo di ritorno

T	F	$Q_T$	$K_T$
10	0.900	387.8	1.94
20	0.950	479.4	2.40
50	0.980	603.6	3.03
100	0.990	701.1	3.51
200	0.995	802.4	4.02
500	0.998	942.8	4.73
1000	0.999	1054.2	5.28

5. Analisi incertezza

Variabile	Distribuzione
$Q_{ind}$	log-Normale: $Q_{ind}^* \sim \log \mathcal{N} (199.5, 69.34^2)$
$L_{CV}$	log-Normale: $L_{CV}^* \sim \log \mathcal{N} (0.3866, 0.0589^2)$
$L_{CA}$	Normale: $L_{CA}^* \sim \mathcal{N} (0.2333, 0.0961^2)$

# Metodo ARPIEM

## Esempio applicazione: sito con dati

### Stime regionali (regr.)

Variabile	media	dev. standard
$Q_{ind}$	199.5	69.34
$L_{CV}$	0.3866	0.0589
$L_{CA}$	0.2333	0.0961

### Stime locali (campionarie)

Variabile	media	dev. standard
$Q_{ind}$	317.1	57.62
$L_{CV}$	0.4650	0.0403
$L_{CA}$	0.3114	0.1083

Procedura analoga alla precedente (sito senza dati),  
ma si scelgono gli stimatori degli L-momenti  
caratterizzati da minore incertezza

# Metodo ARPIEM

## Conclusioni

- Metodo particolarmente adatto a situazioni con forte eterogeneità morfoclimatica (regione alpina)
- Uso ottimale dei dati idrometrici disponibili, anche da serie molto brevi
- Procedura di semplice applicazione per gli utenti

### Questioni aperte

- Propagazione delle stime in siti prossimi a stazioni strumentate
- Effetto degli invasi artificiali sulla distribuzione delle piene
- Interazioni tra portate liquide e solide
- Eventuale non-stazionarietà delle serie (cambiamento climatico)