

La difesa dalle alluvioni nel territorio alpino

Convegno conclusivo del progetto FLORA

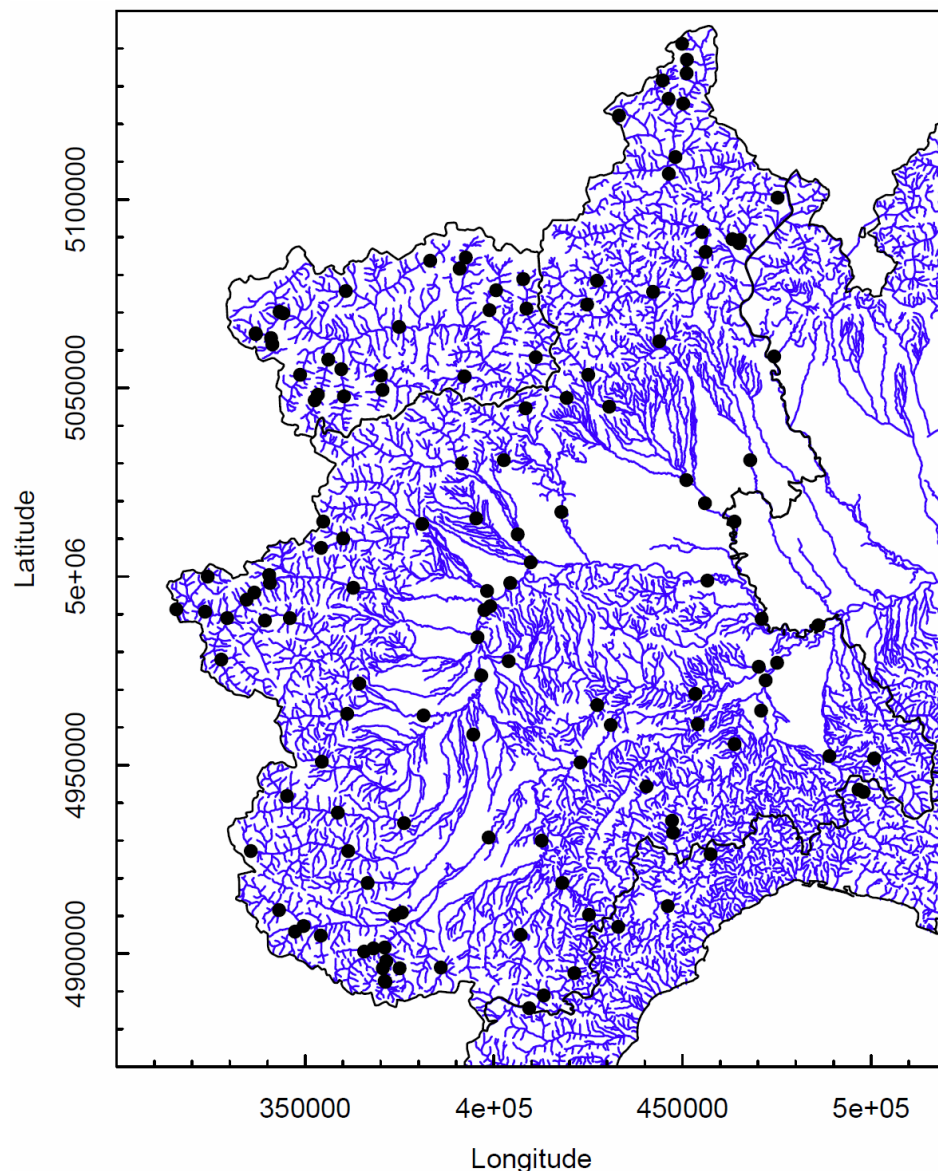
FONDAMENTI ED APPLICAZIONI DEL METODO ARPIEM DI VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Francesco LAIO, Secondo BARBERO,
Pierluigi CLAPS, Daniele GANORA

Politecnico di Torino- Arpa Piemonte

Torino, 9 maggio 2012

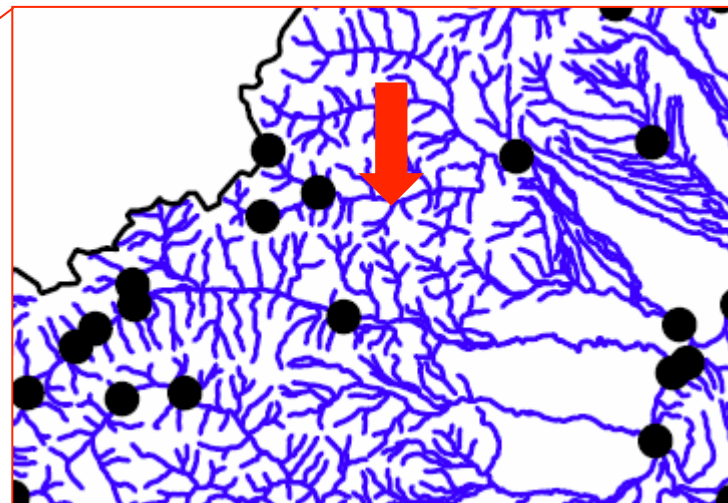
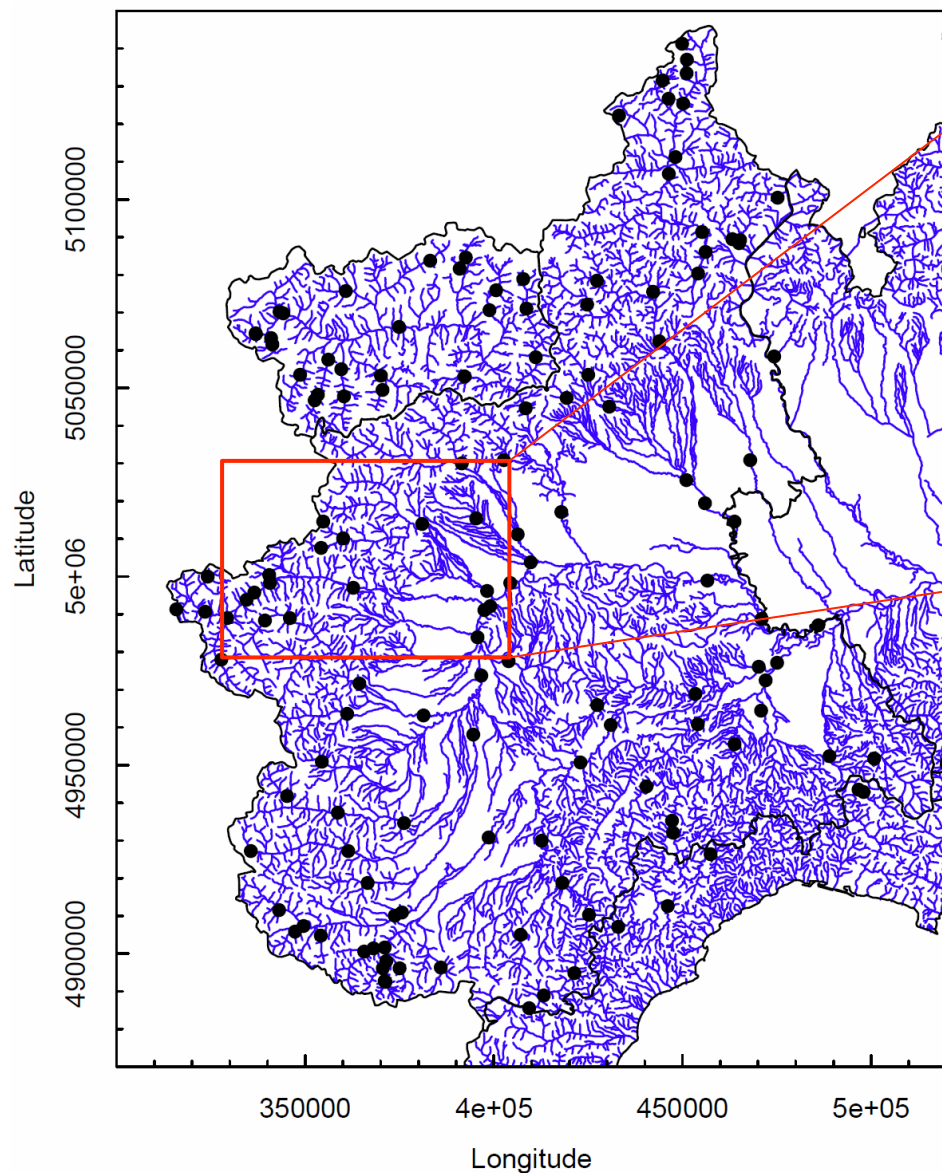
Introduzione all'analisi regionale



Disponibilità portate al
colmo di piena in
sezioni distribuite sul
territorio

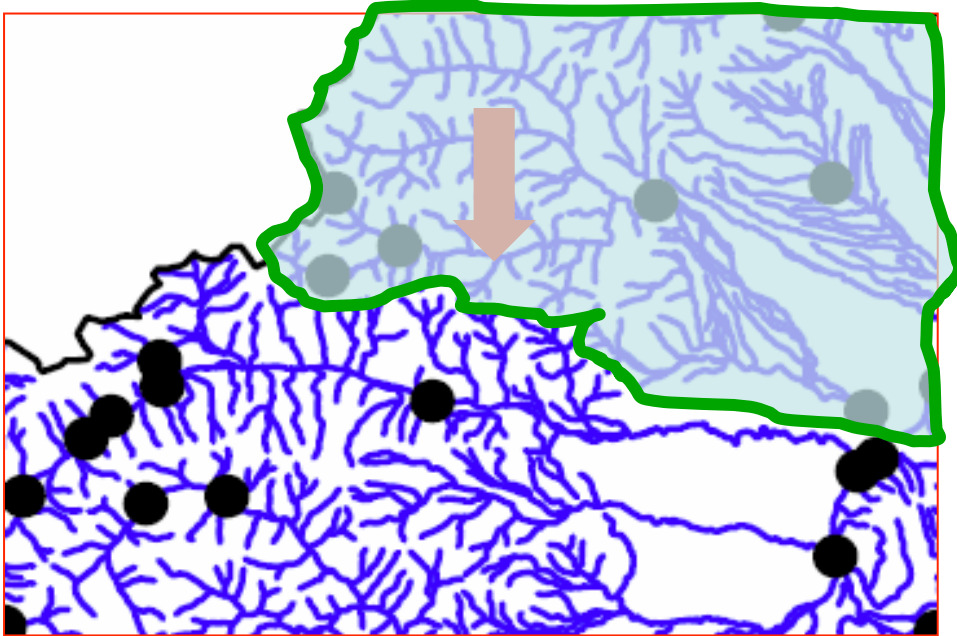
Necessità di stimare le
portate di progetto in
un punto qualsiasi del
reticolo idrografico

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

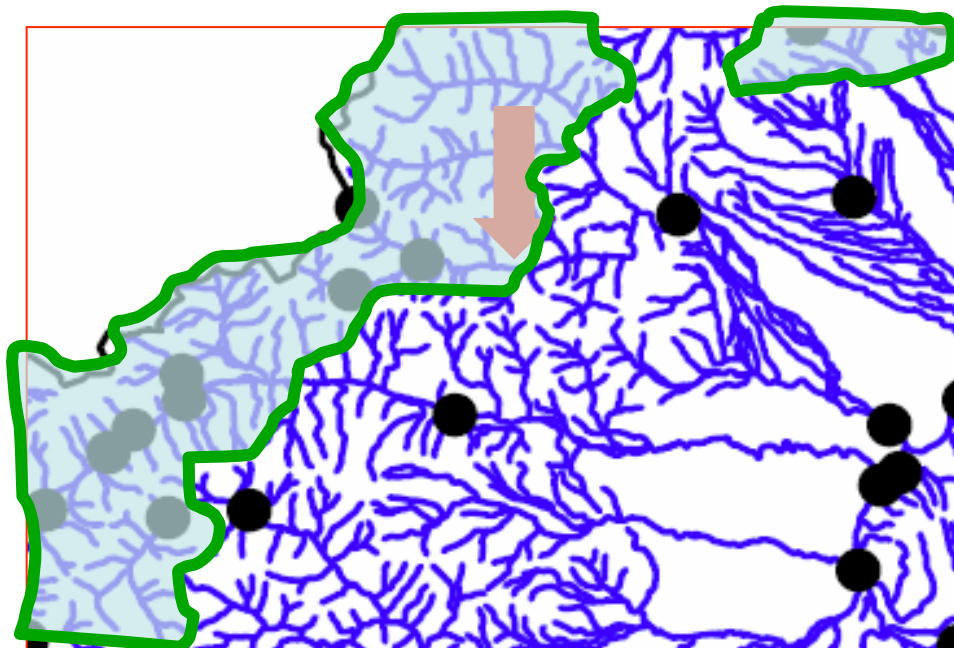
La sezione ricade in una
regione statisticamente
omogenea delimitata
geograficamente

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

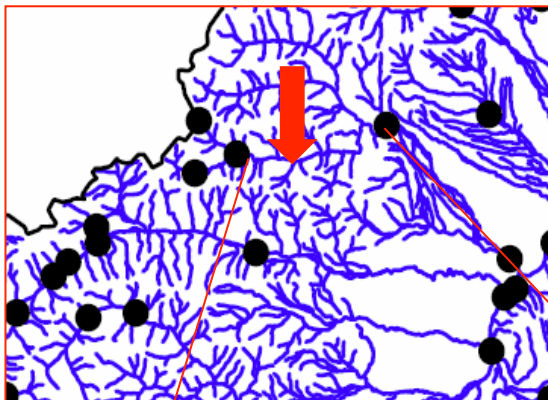
Regioni omogenee non geografiche

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

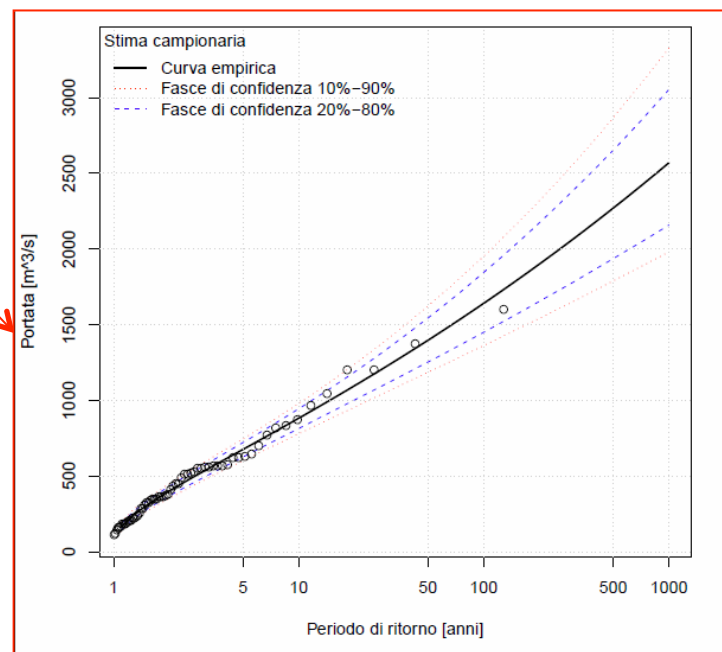
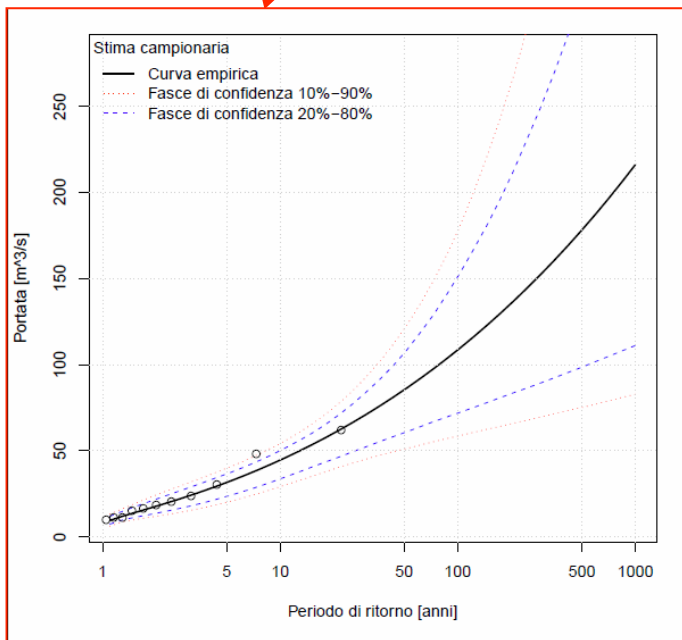
Problemi:

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

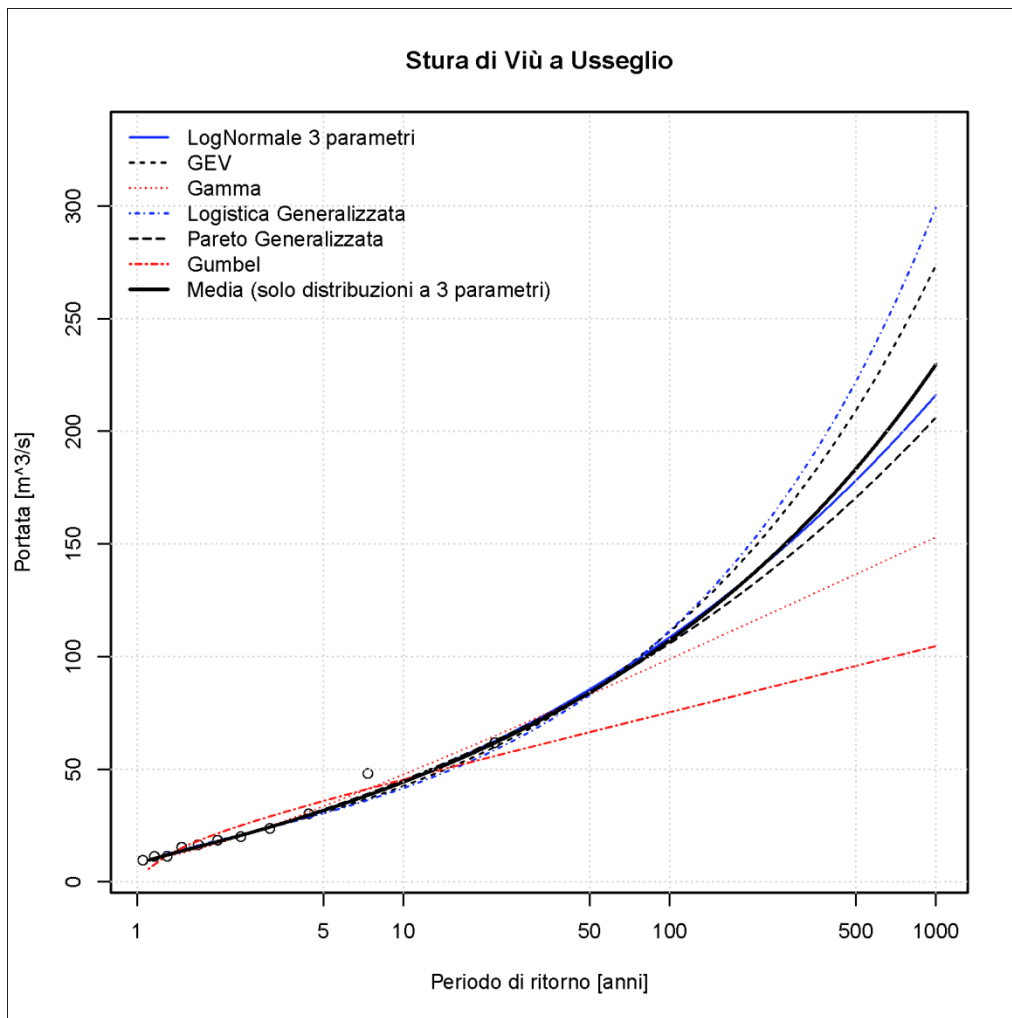
Problemi:

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

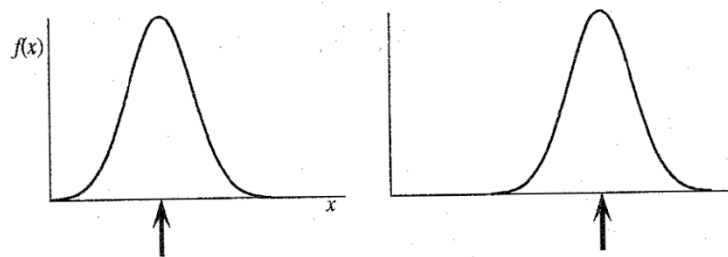


Fig. 2.1. Definition sketch for first L -moment.

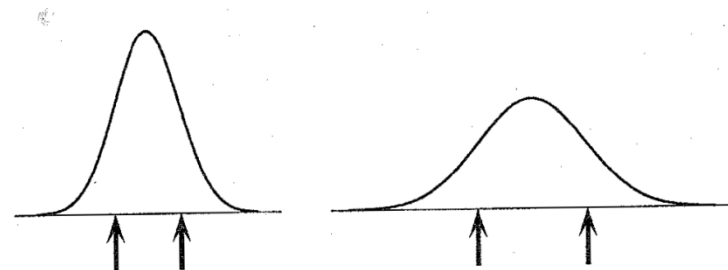


Fig. 2.2. Definition sketch for second L -moment.

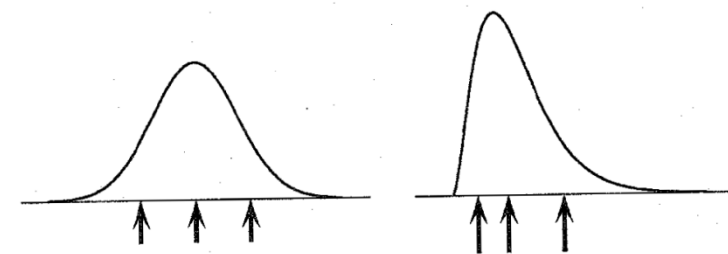


Fig. 2.3. Definition sketch for third L -moment.

L_1 = media
Valore centrale del
campione

$L-CV$
Coefficiente di variabilità
intorno al valore centrale

$L-CA$
Coefficiente di simmetria

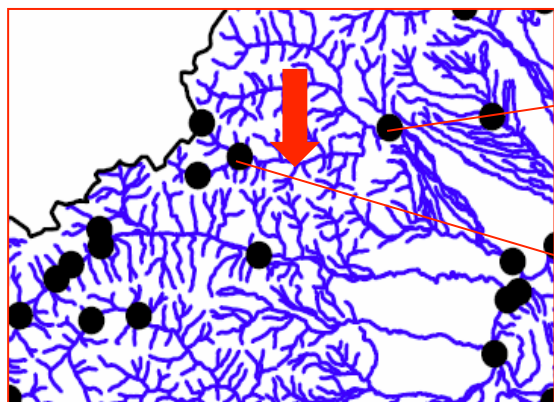
Metodo ARPIEM

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



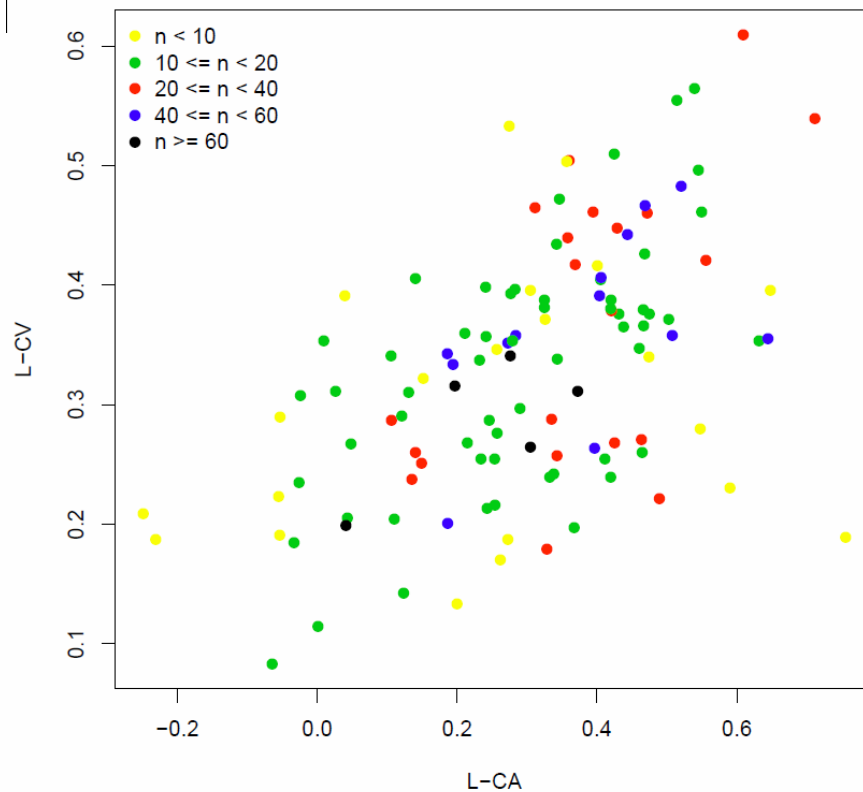
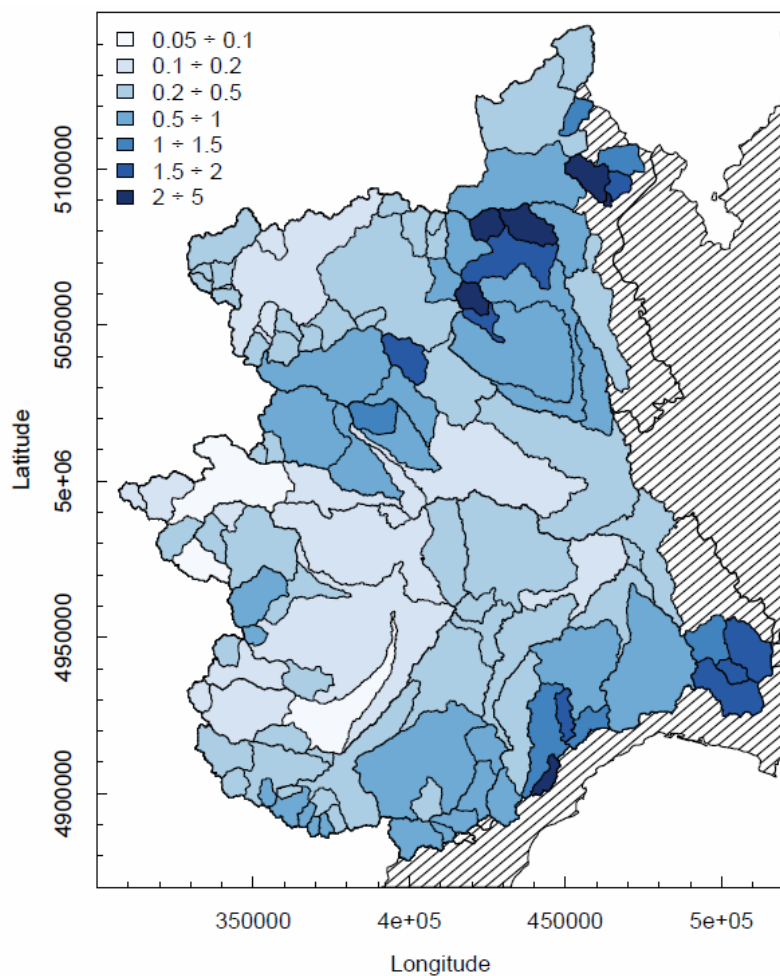
$$\begin{array}{ll} L_1 = 612 \text{ m}^3/\text{s} & \sigma_{L_1} = 342 \text{ m}^3/\text{s} \\ L\text{-CV} = 0.47 & \sigma_{L\text{-CV}} = 0.29 \\ L\text{-CA} = 0.13 & \sigma_{L\text{-CA}} = 0.11 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} L_1 = 142 \text{ m}^3/\text{s} & \sigma_{L_1} = 92 \text{ m}^3/\text{s} \\ L\text{-CV} = 0.41 & \sigma_{L\text{-CV}} = 0.32 \\ L\text{-CA} = 0.43 & \sigma_{L\text{-CA}} = 0.52 \end{array}$$

Metodo ARPIEM

Fase 1: Stima locale non parametrica

Piena media campionaria

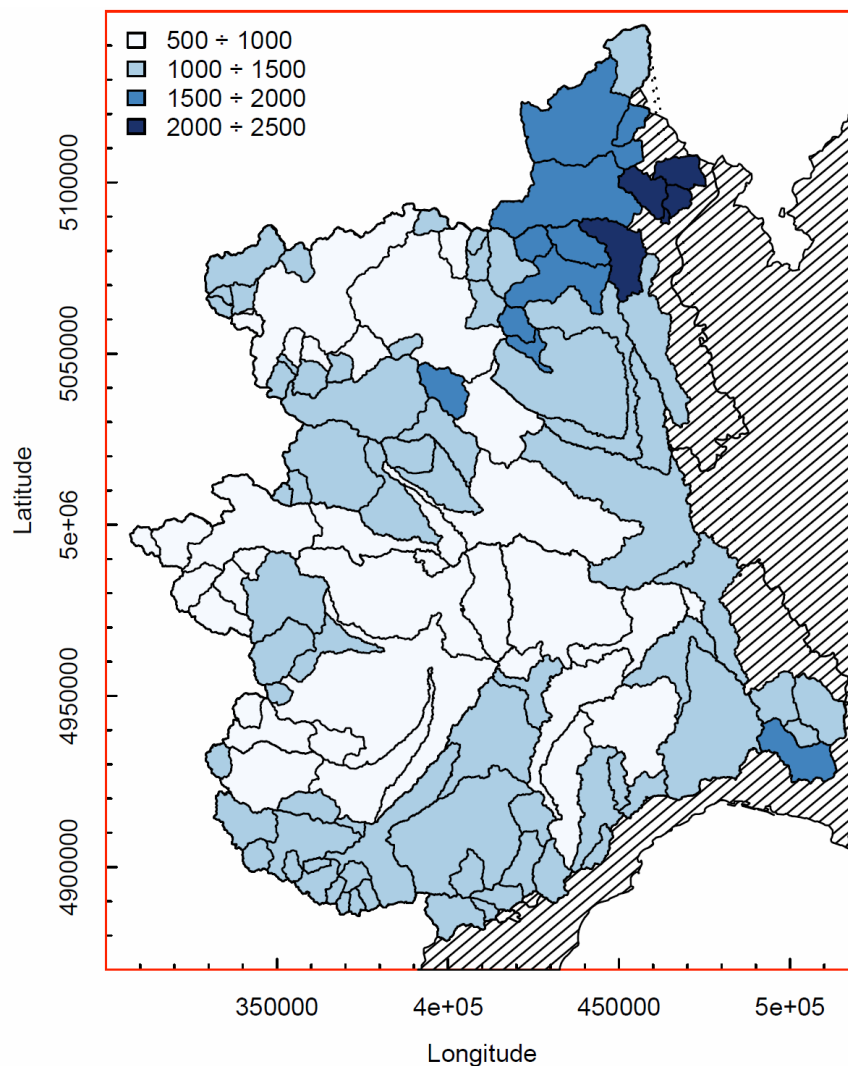


L-CV vs L-CA

Metodo ARPIEM

Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

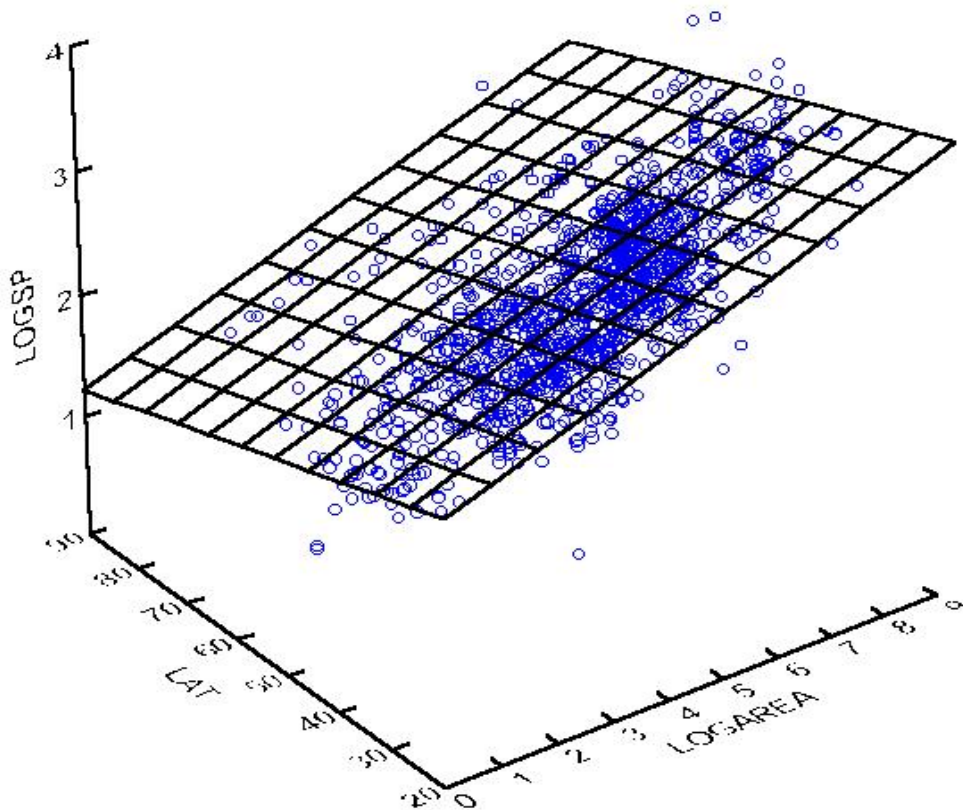
2A. Calcolo dei
descrittori
geomorfoclimatici per
tutti i bacini chiusi da
sezioni strumentate



Metodo ARPIEM

Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

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



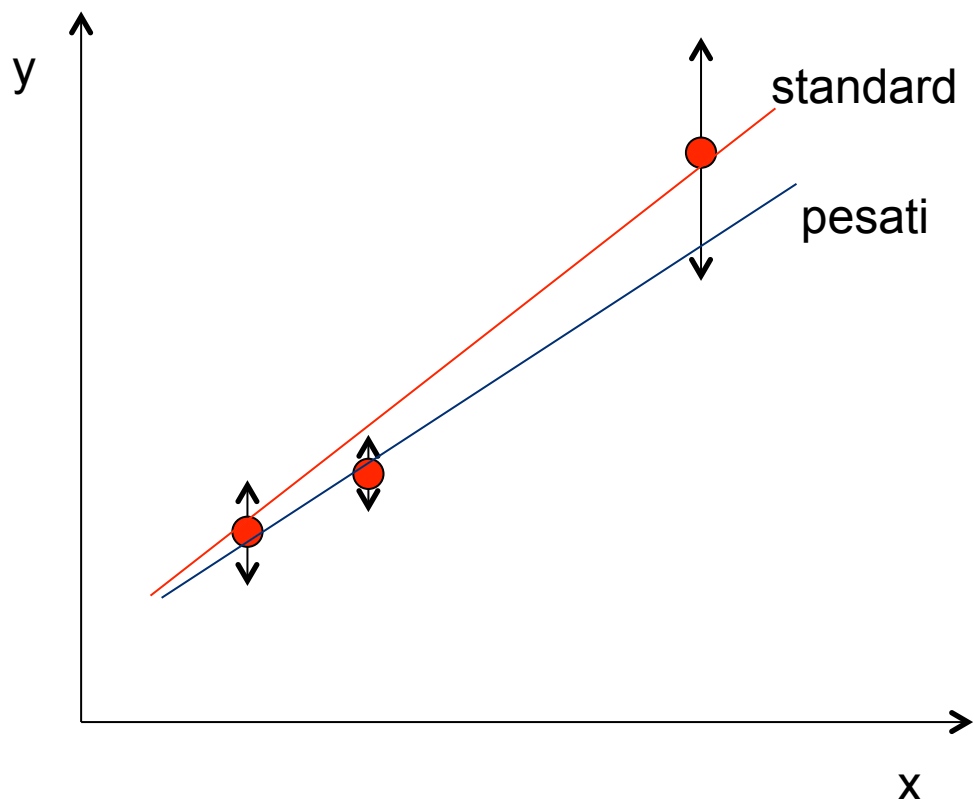
Regressioni lineari
multiple

Effetti di
nonlinearità:
trasformazione
logaritmica

Metodo ARPIEM

Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

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



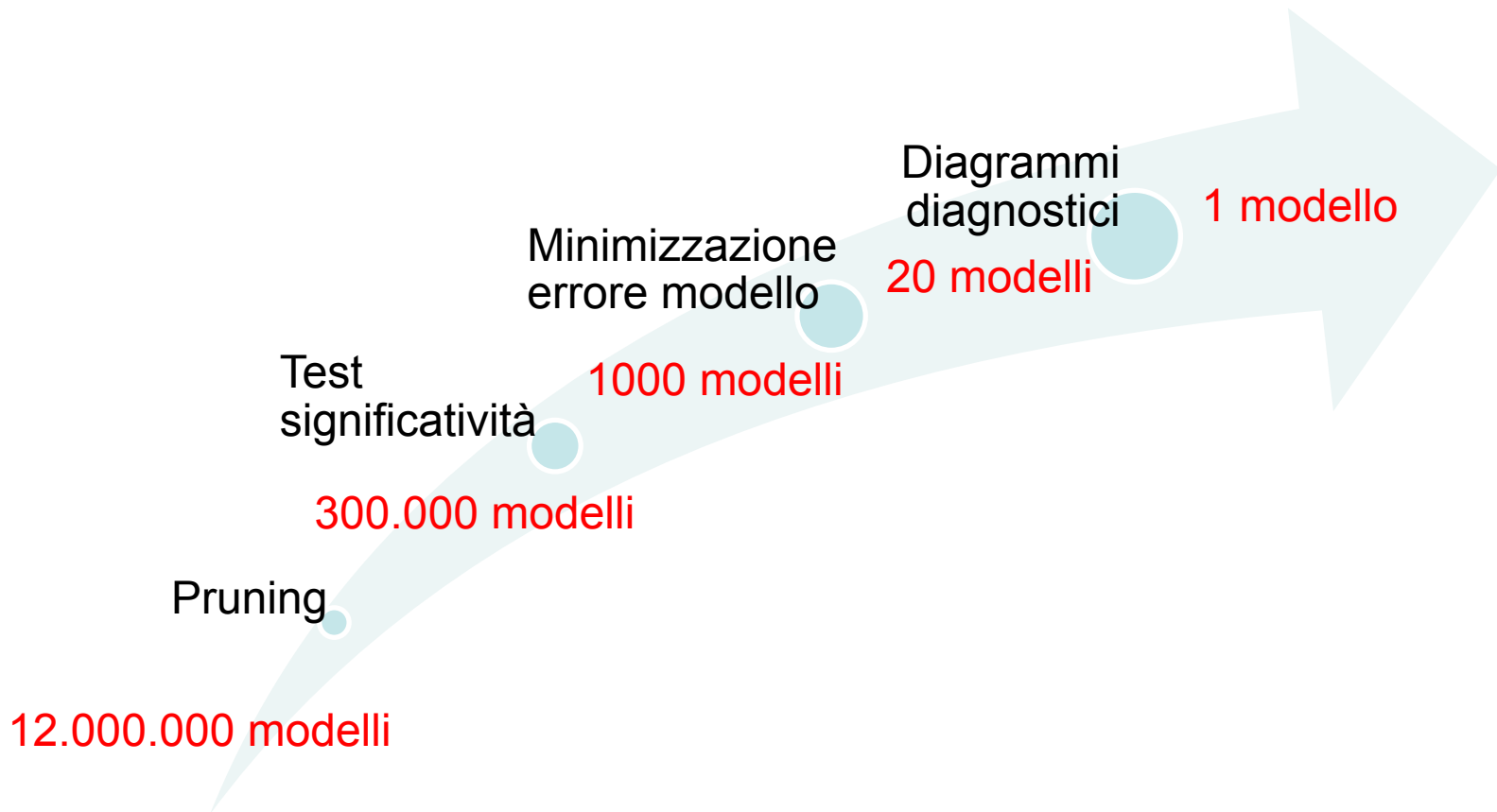
L-momenti calcolati
da campioni di
dimensione
diversa!

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

Metodo ARPIEM

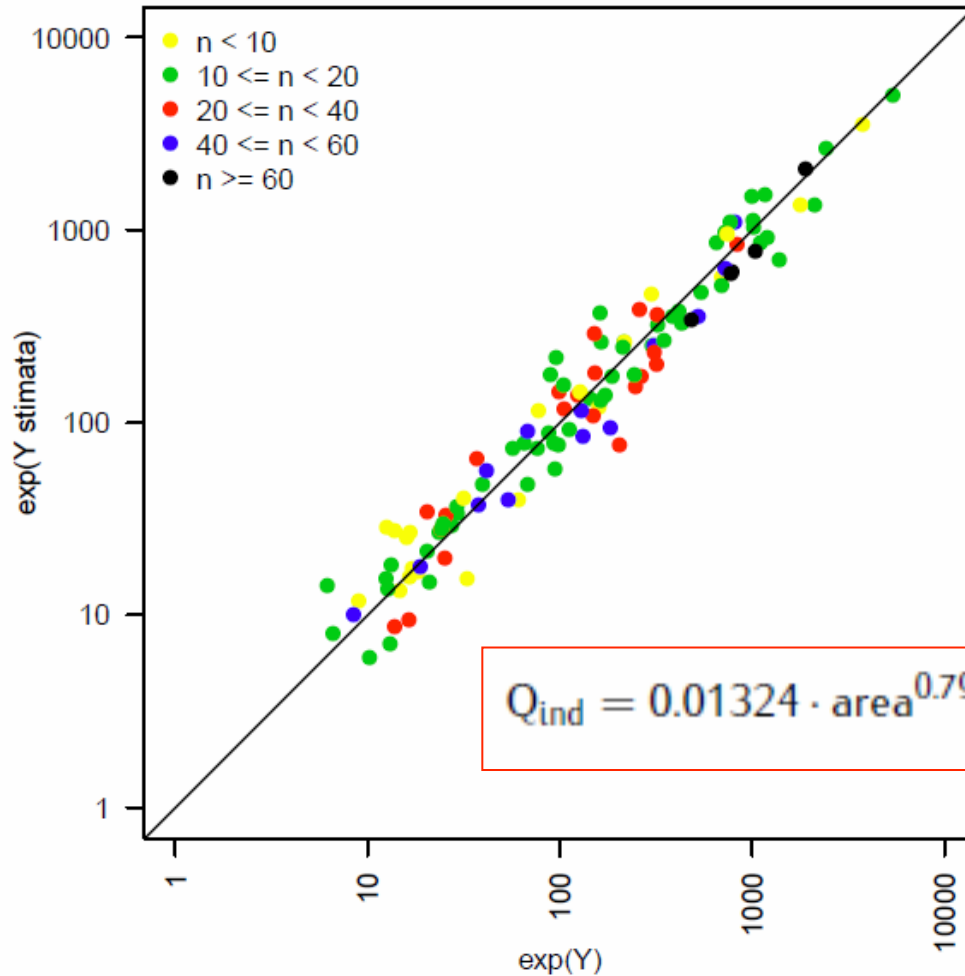
Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

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



Metodo ARPIEM

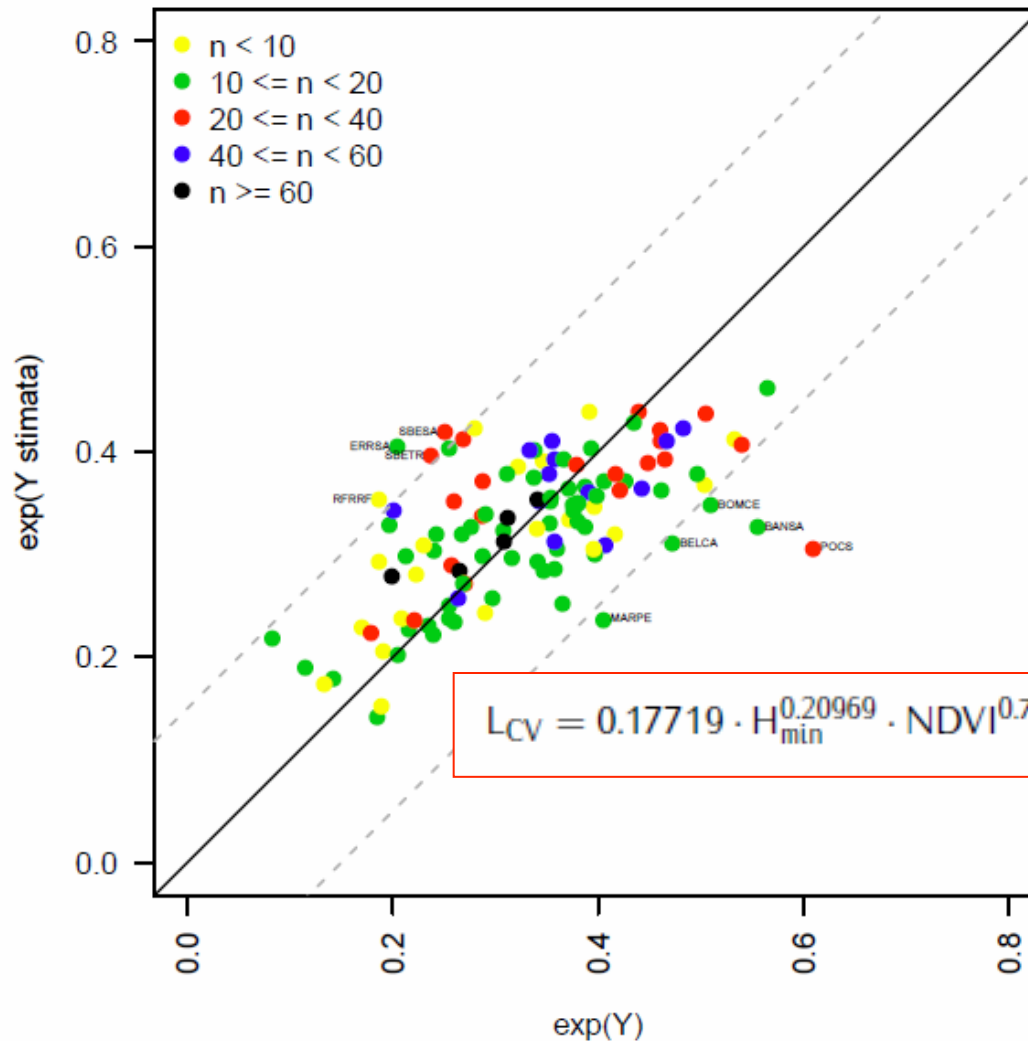
Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti



Piena media

Metodo ARPIEM

Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti

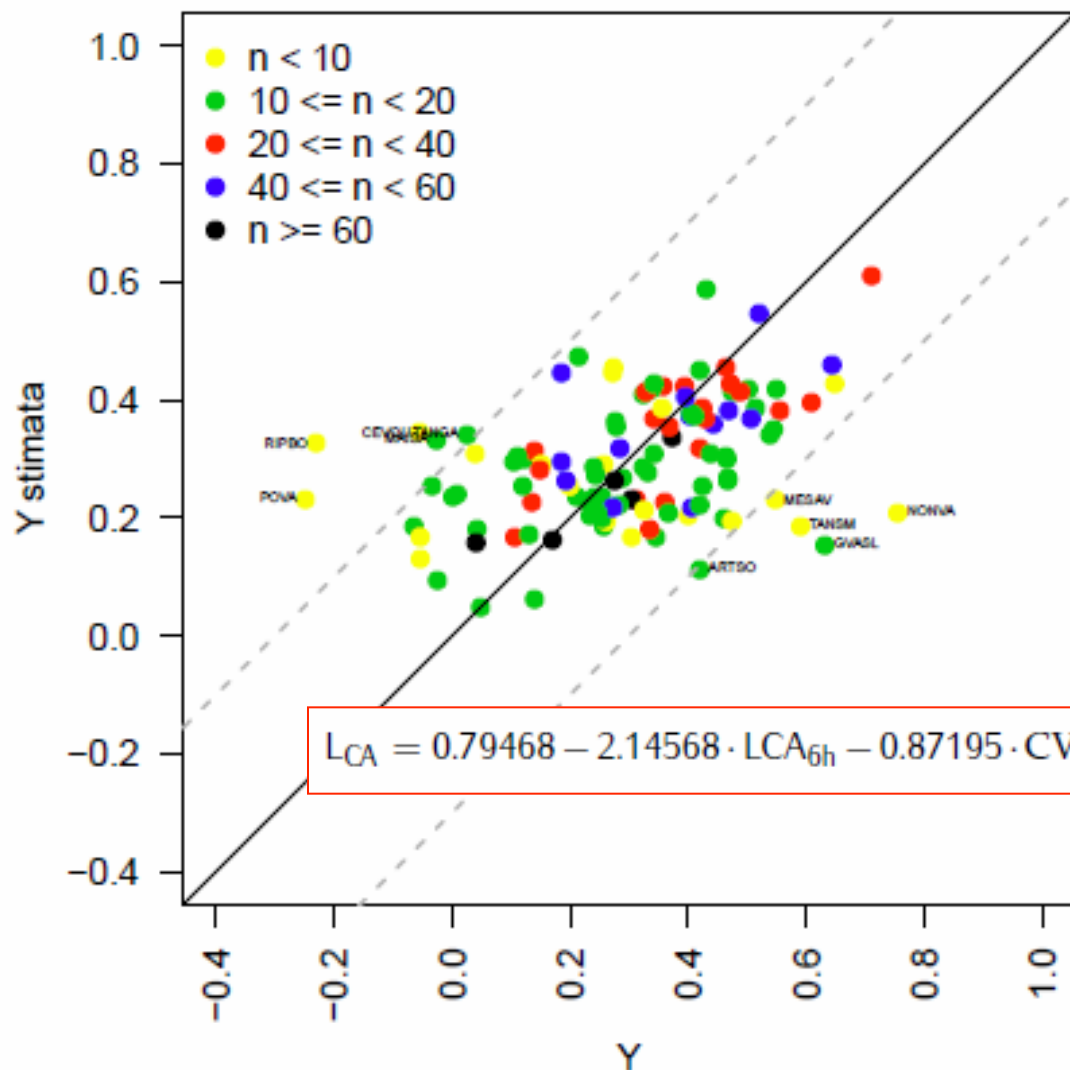


L-CV

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

Metodo ARPIEM

Fase 2: Interpolazione spaziale degli L-momenti



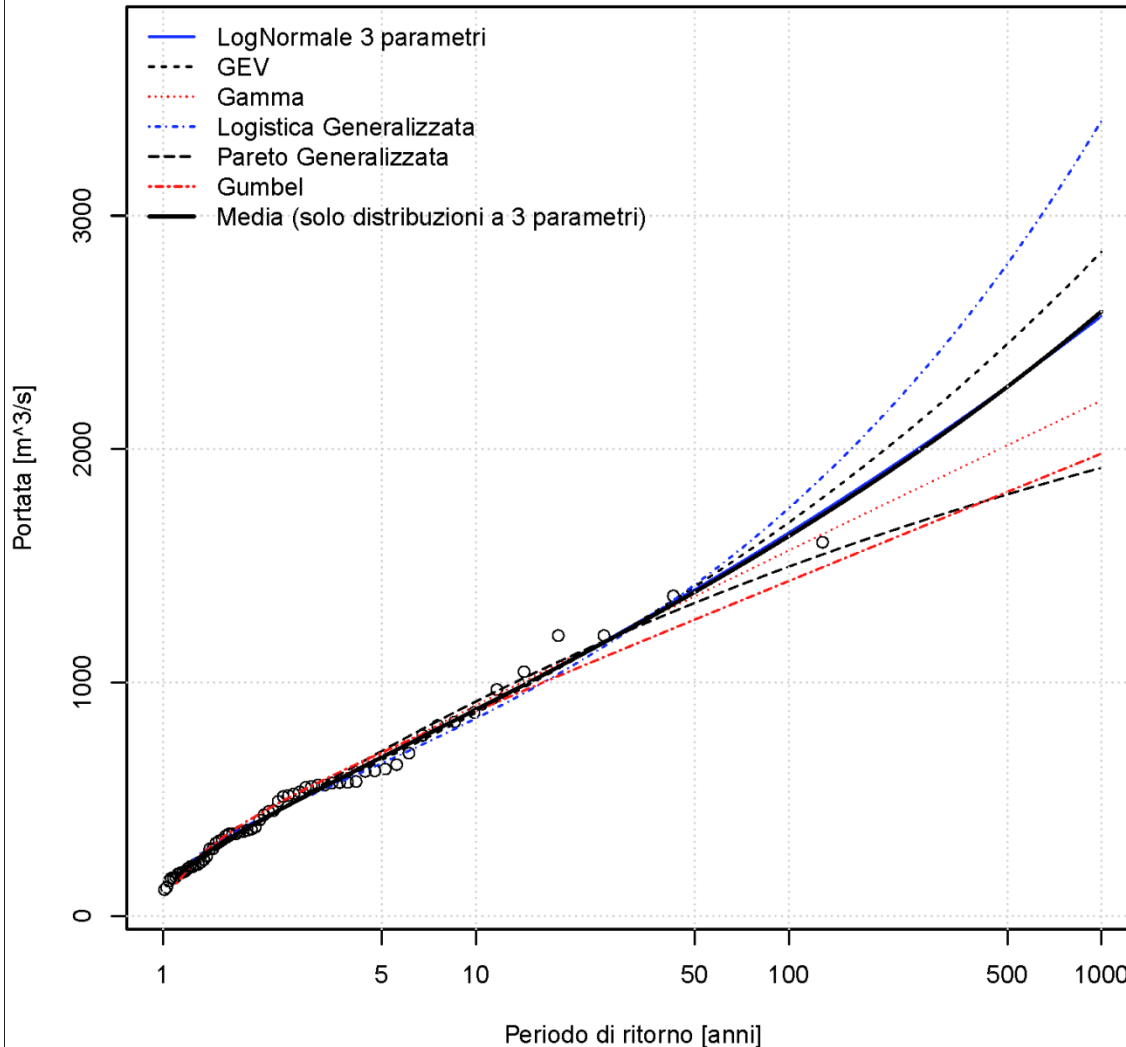
L-CA

$$L_{CA} = 0.79468 - 2.14568 \cdot LCA_{6h} - 0.87195 \cdot CV[LCA_{24h}] + 0.00192 \cdot clc_2 + 0.01555 \cdot \text{fourier}_{B2}$$

Metodo ARPIEM

Fase 3: Stima delle portate di progetto

Stura di Lanzo a Lanzo



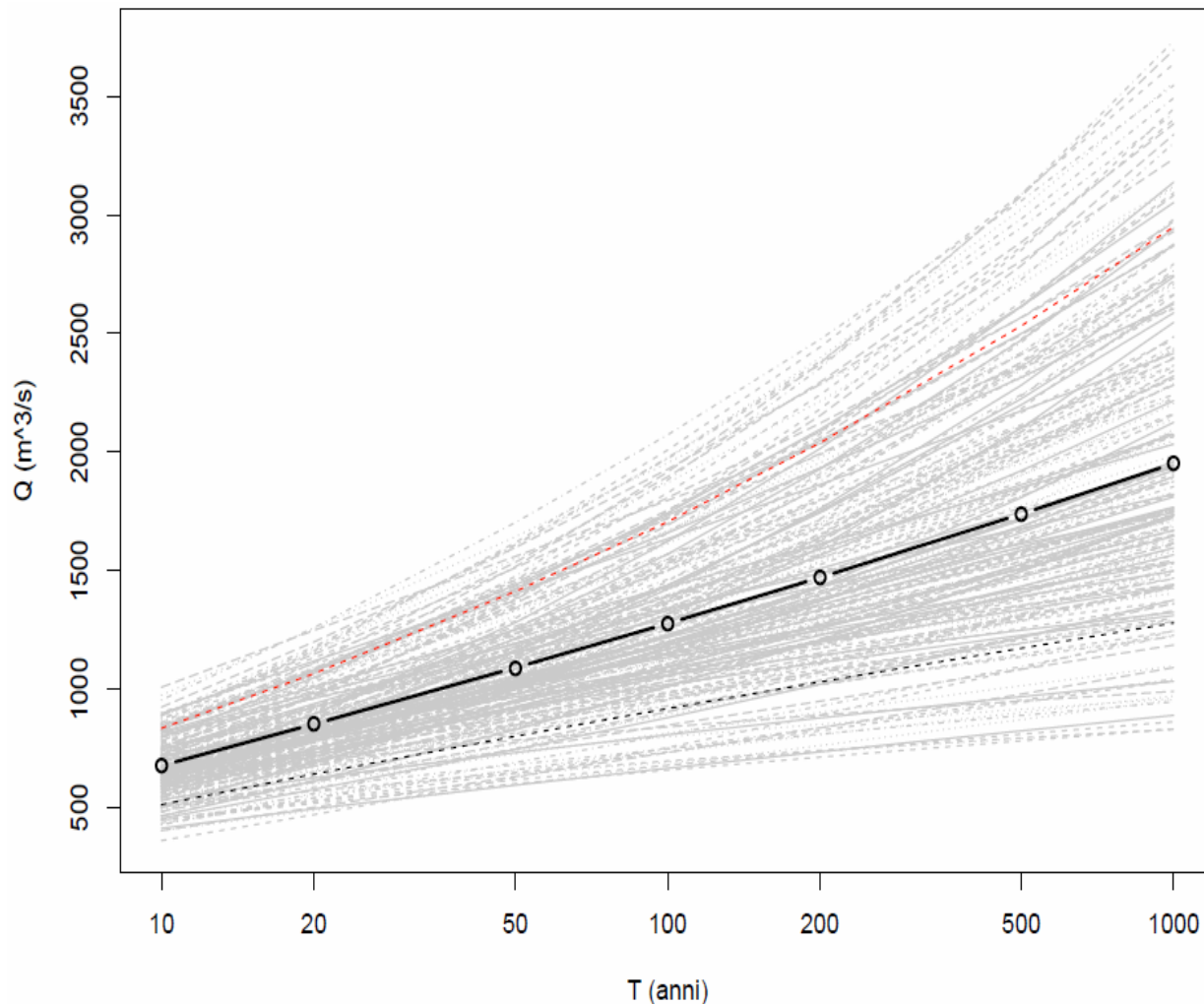
Scelta della
distribuzione:
model
averaging

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



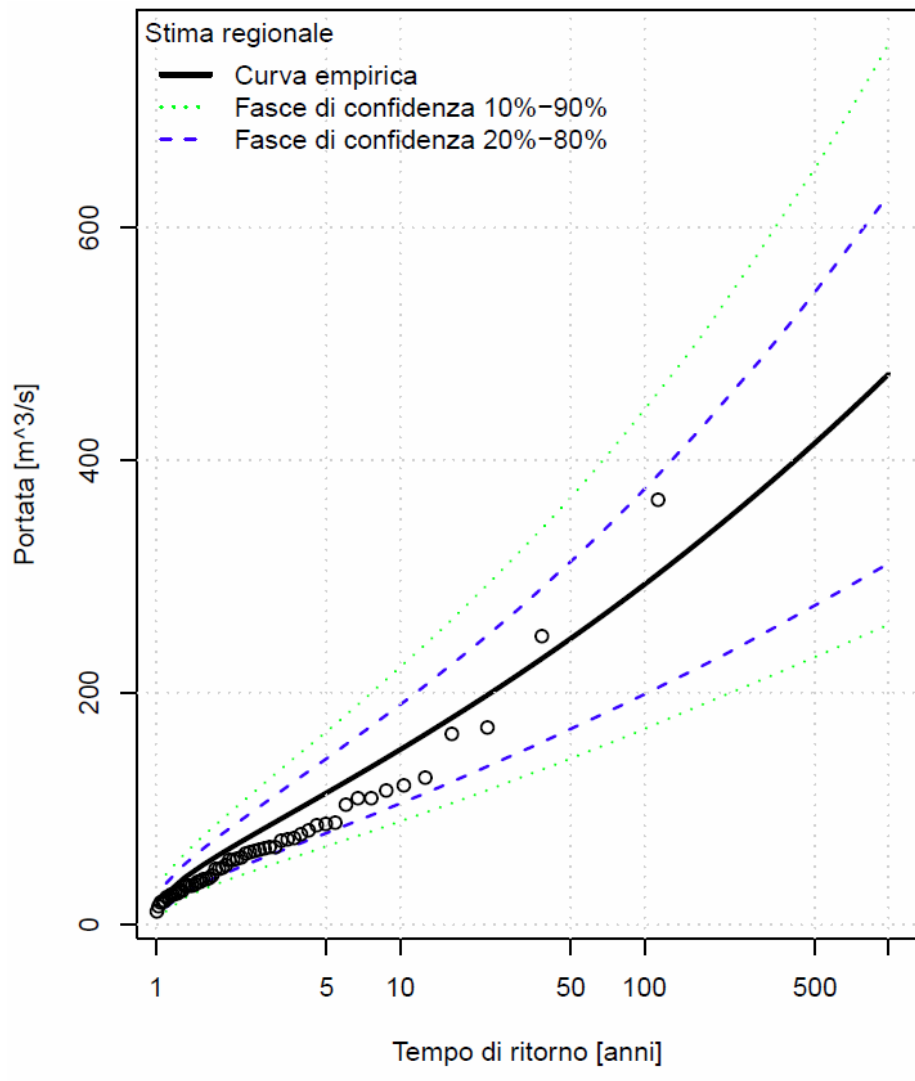
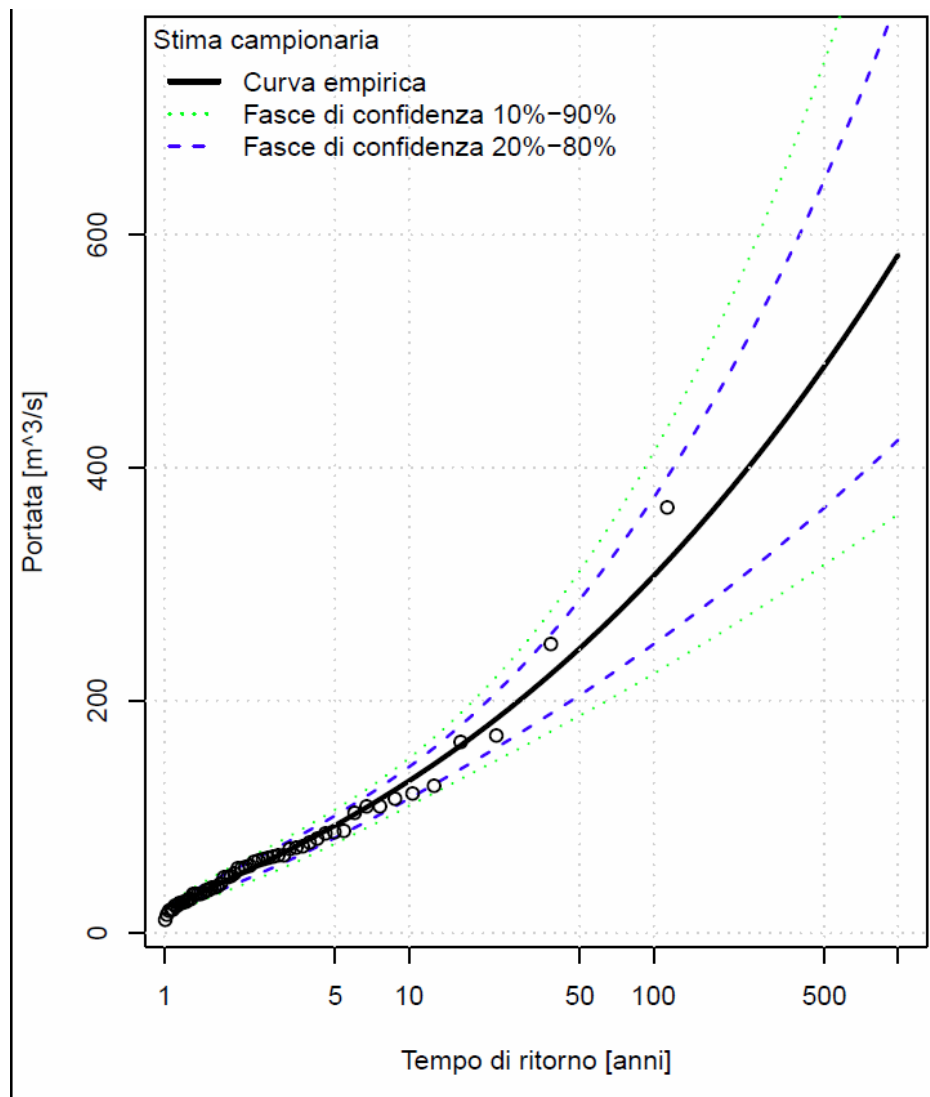
Parametri
lognormale



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

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

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)