



**CIVIL PROTECTION
DISASTER RISK REDUCTION
BIODIVERSITY**

La regionalizzazione delle precipitazioni intense e delle portate massime annuali per la stima dei tempi di ritorno sul territorio marchigiano

IL SISTEMA DI ALLERTAMENTO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO :
L' ORGANIZZAZIONE , GLI STRUMENTI E LA MODELLISTICA DI SUPPORTO
Ancona, 28 Aprile 2016

L. Campo, F. Silvestro, S. Gabellani



FONDAZIONE CIMA
CIMA RESEARCH FOUNDATION

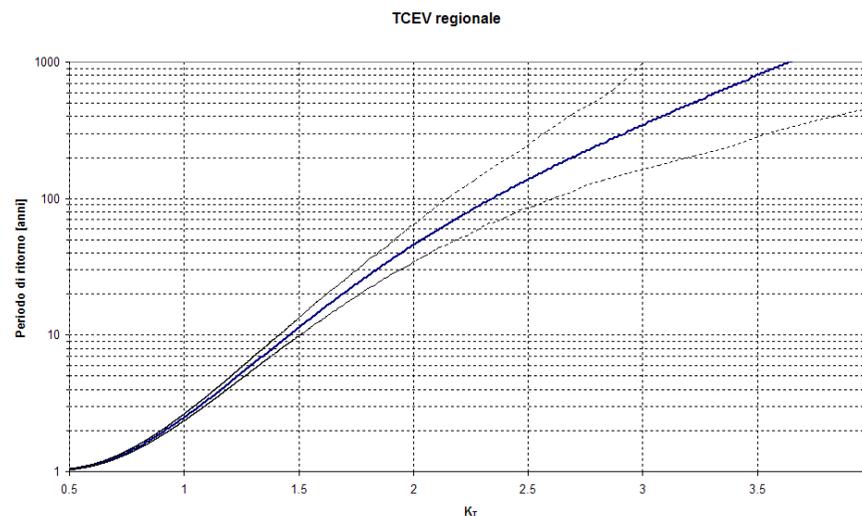
CENTRO INTERNAZIONALE IN MONITORAGGIO AMBIENTALE
INTERNATIONAL CENTRE ON ENVIRONMENTAL MONITORING

Regionalizzazione

Spazializzazione su un dato territorio delle statistiche di estremo di una variabile di cui si hanno osservazioni puntuali (portate, piogge estreme)

Regione omogenea: area in cui le misure, opportunamente adimensionalizzate rispetto a una variabile indice (media delle misure puntuali), hanno la stessa distribuzione di probabilità (distribuzione genitrice)

Le distribuzioni di probabilità locali (single-site) si ricavano dalla curva regionale ri-dimensionalizzando con la variabile indice opportunamente spazializzata (mediante regressione con diverse variabili spaziali, topografia, aree dei bacini, climatologia, ecc.)



Letteratura

- Distribuzione genitrice assunta come GEV o TCEV
- Spazializzazione con metodi “fisici” o “statistici”
- Interpolazione geostatistica, kriging, regressione multipla rispetto a caratteristiche dei bacini (portata), o topografiche (pioggia) e combinazione dei vari metodi
- Uso della REC (Regional Envelope Curve) al posto della variabile indice, sia per portata che per pioggia

References:

- *Brath, Castellarin, Franchini, Galeati*, Estimating the index flood using indirect methods, *Hydrological Sciences*, 2001
- *Castellarin, Vogel, Matalas*, Probabilistic behavior of a regional envelope curve, *Water Resources Research*, 2005
- *Merz, Blöschl*, Flood frequency regionalisation—spatial proximity vs. catchment attributes, *Journal of Hydrology*, 2005
- *Castellarin*, Probabilistic envelope curves for design flood estimation at ungauged sites, *Water Resources Research*, 2007
- *Castellarin, Vogel, Matalas*, Multivariate probabilistic regional envelopes of extreme floods, *Journal of Hydrology*, 2007
- *Castellarin, Merz, Blöschl*, Probabilistic envelope curves for extreme rainfall events, *Journal of Hydrology*, 2009

Letteratura

- Per le Marche, analisi su area più vasta (arco Appennini settentrionali)
- Distribuzione genitrice assunta come GEV su Marche e Emilia Romagna (anche da analisi degli L-momenti)

$$R_{T,t} = 0.138t^{0.624} R_{10\text{yr},24\text{hr}} \left[f \ln\left(\frac{T}{10}\right) + 1 \right] + (24 - t)^{0.770} [0.474 \ln(T) + 0.951]$$

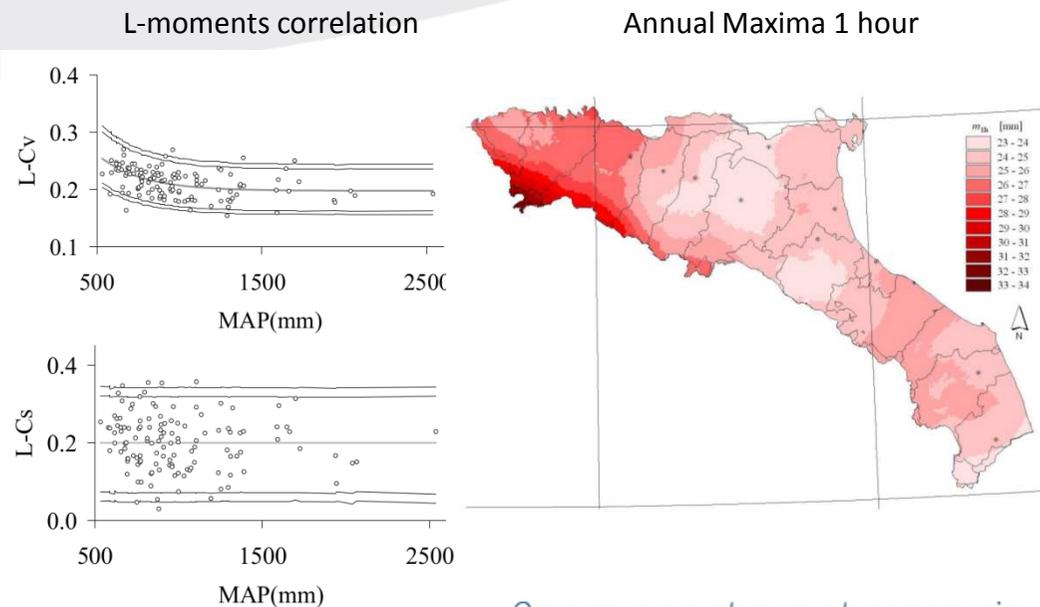
$$f = 0.602 - 0.055 \ln(\text{MAP})$$

Regional Depth-Duration-Frequency Equations
(Brath et al, 2003)

- Spazializzazione della pioggia indice
- Interpolazione diretta e verifica con procedura Jackknife

References:

- Brath, Castellarin, Montanari, Assessing the reliability of regional depth-duration-frequency equations for gaged and ungaged sites, *Water Resources Research*, 2003
- Di Baldassarre, Castellarin, Brath, Relationships between statistics of rainfall extremes and mean annual precipitation: an application for design-storm estimation in northern central Italy, *Hydrology and Earth System Sciences*, 2006



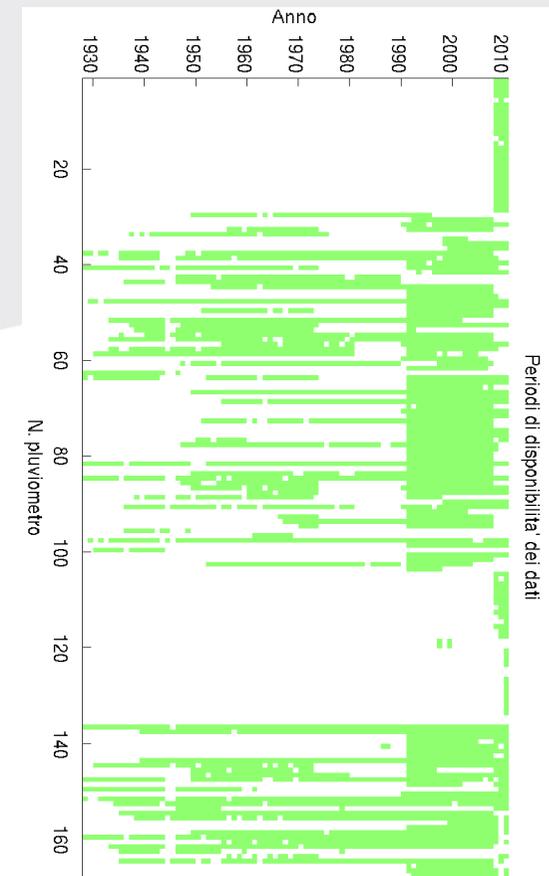
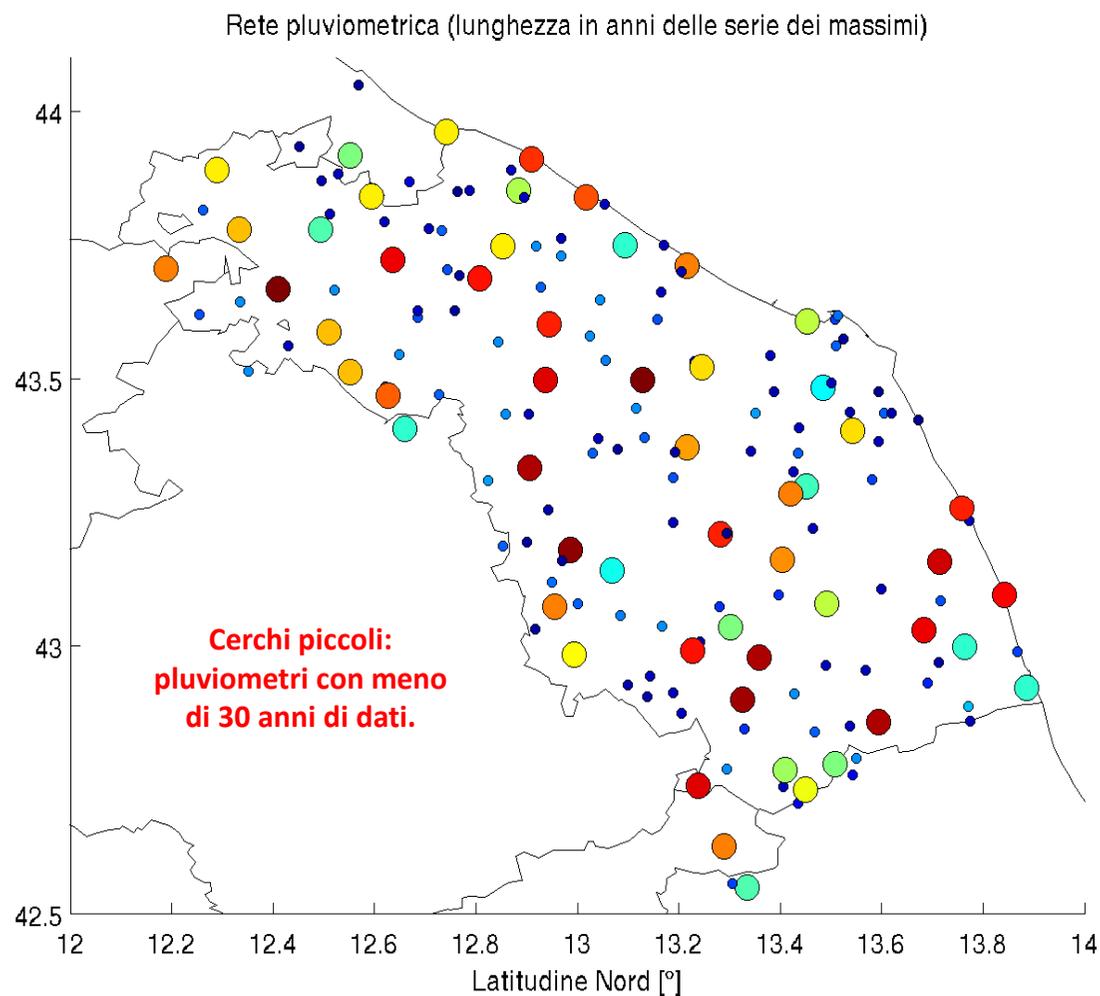
(Di Baldassarre et al, 2006) *Osservare per prevedere, prevedere per prevenire*

Regionalizzazione precipitazioni intense: dataset

Pluviometri totali: **168+74 = 242**

Pluviometri con almeno 15anni di dati: **166**
(dataset CF + rete ASSAM)

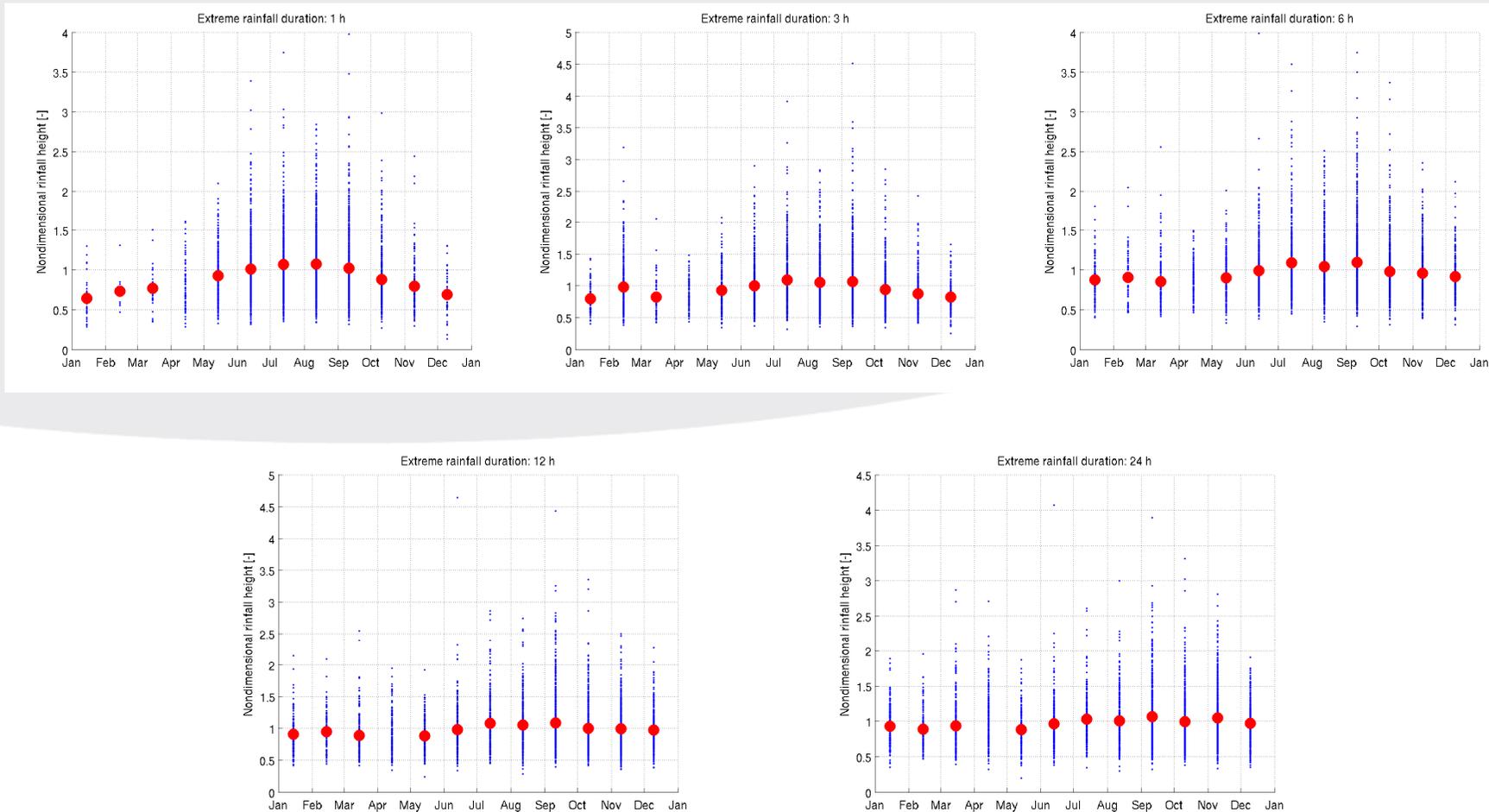
Test di Mann-Kendall negativo per tutte le
serie: **assenza di trend temporali**



Osservare per prevedere, prevedere per prevenire

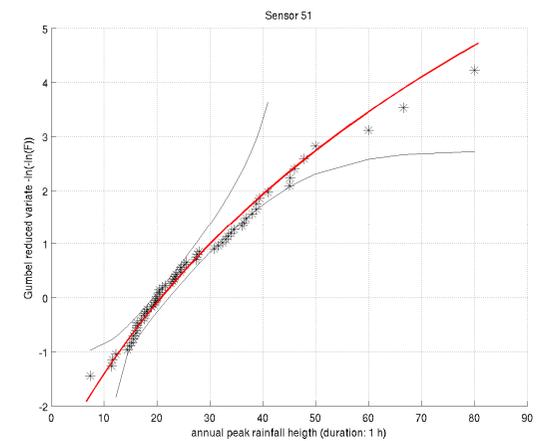
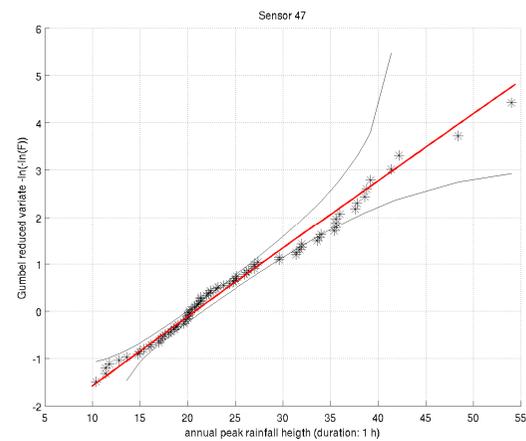
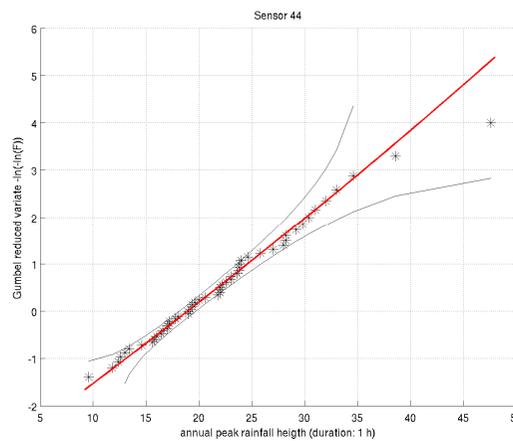
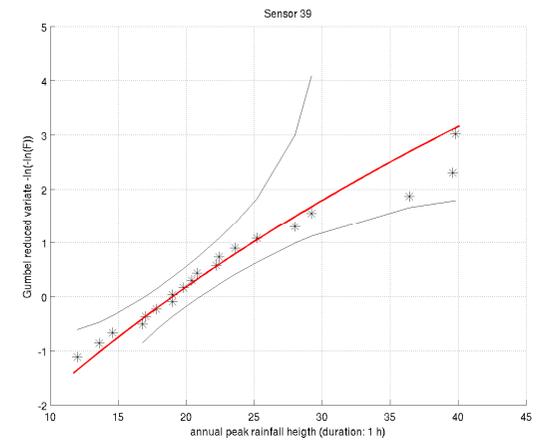
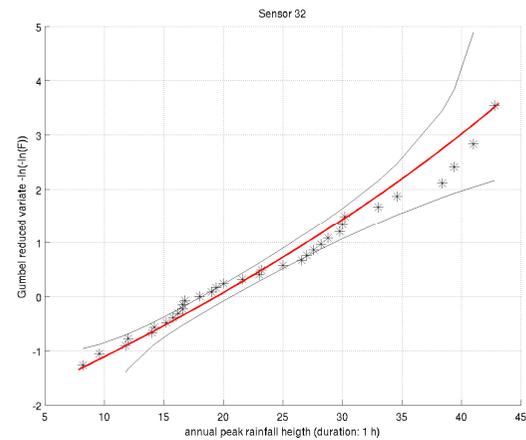
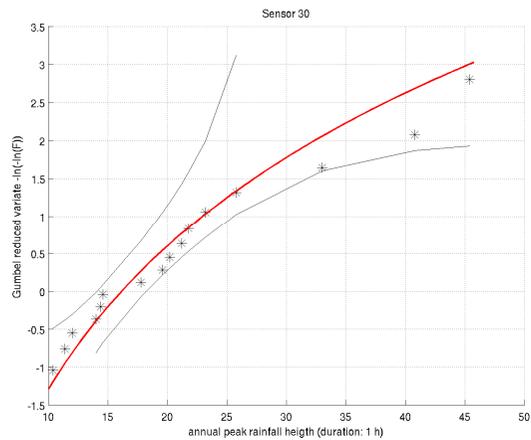
Precipitazione: dataset

Stagionalità



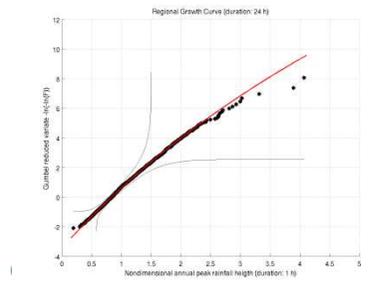
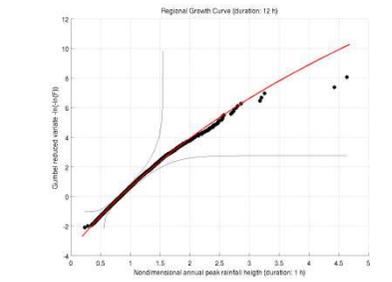
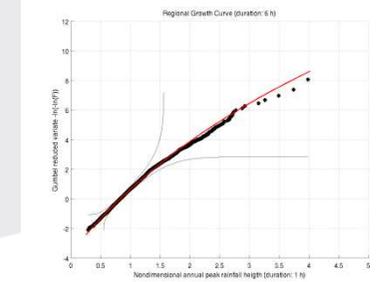
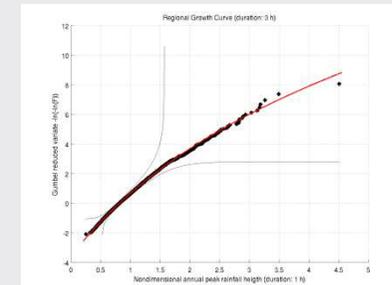
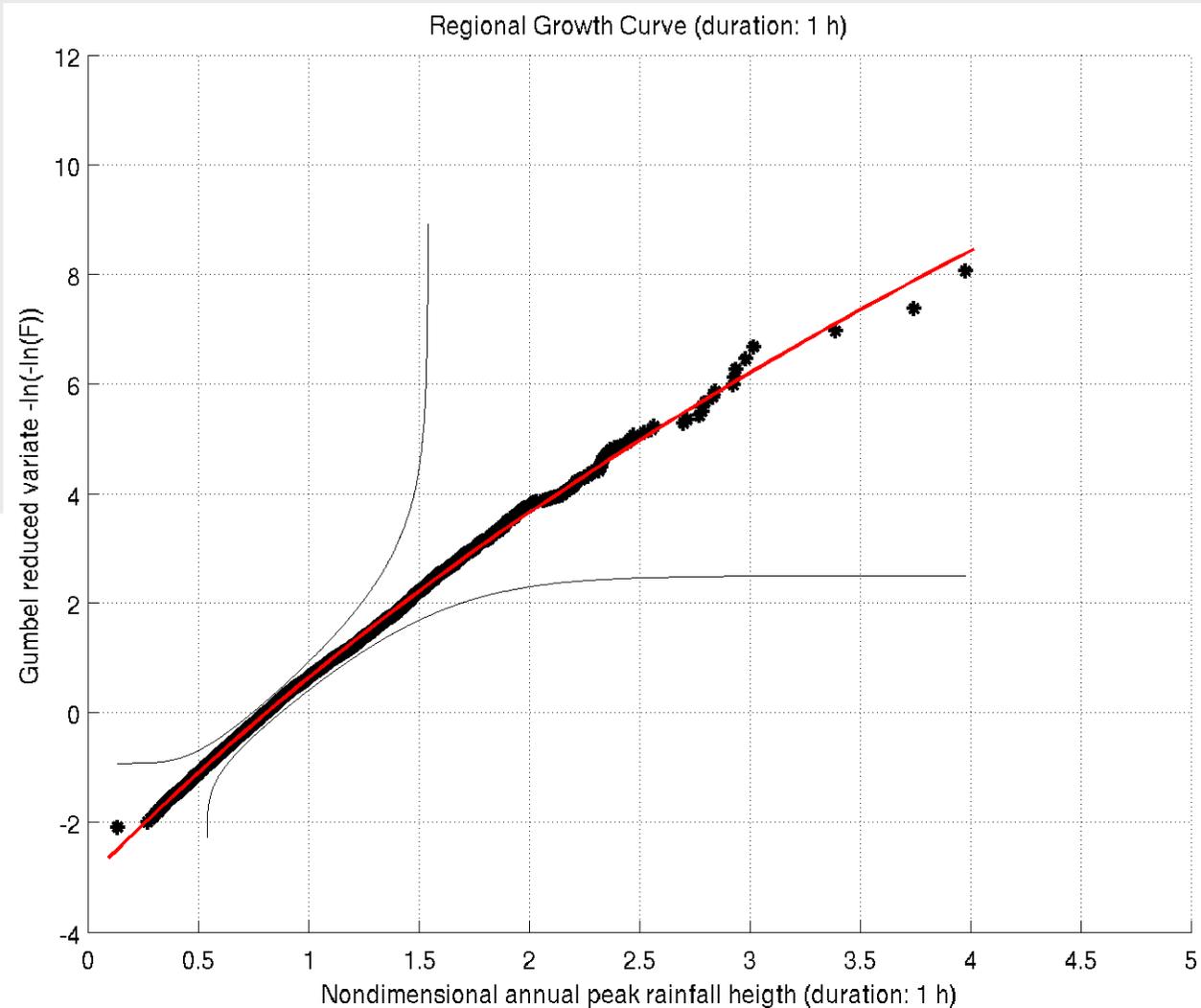
Precipitazione: fit single-site

Fit distribuzioni single-site: distribuzione GEV.



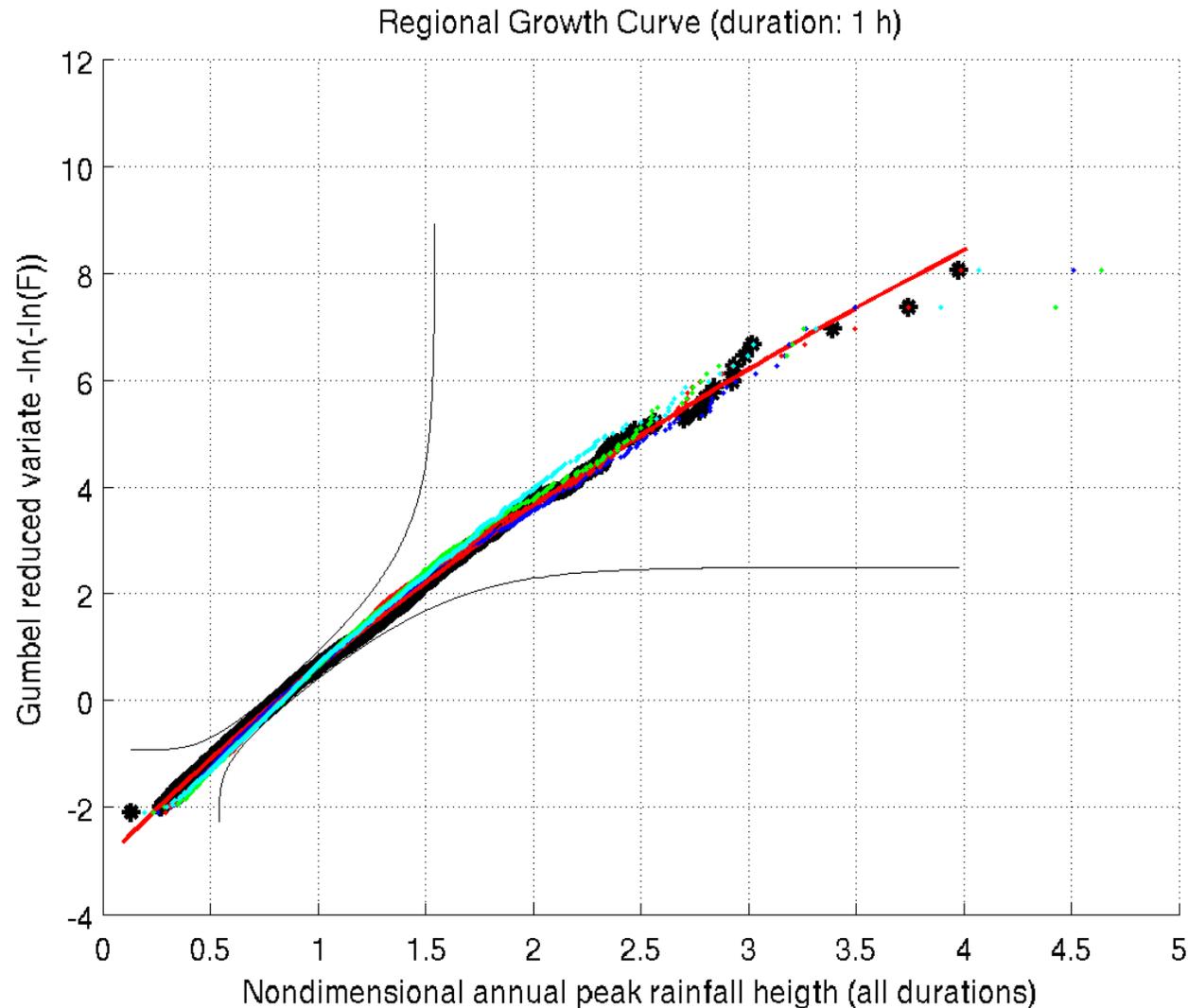
Precipitazione: curva regionale

Curva di crescita regionale. Distribuzione genitrice: **GEV**



Precipitazione: curva regionale

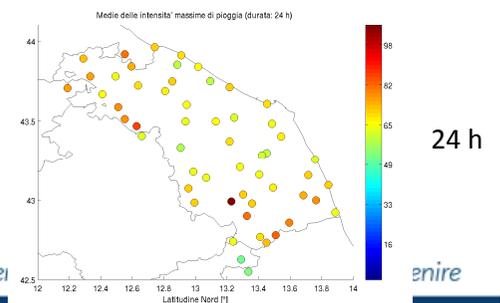
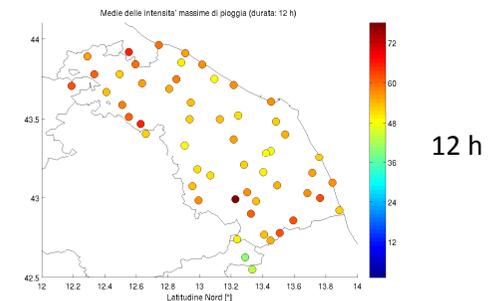
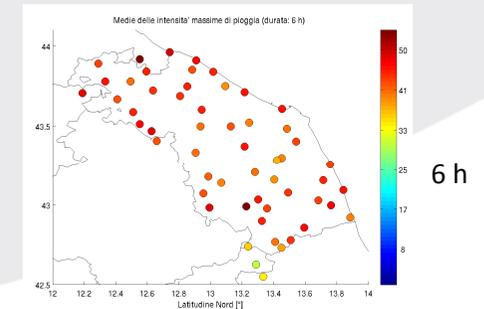
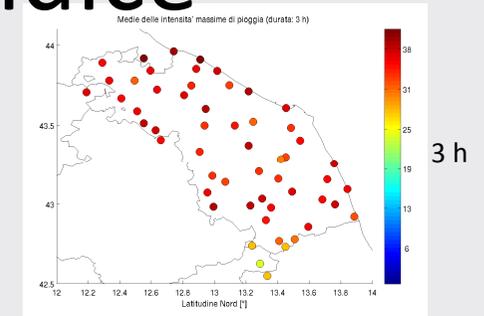
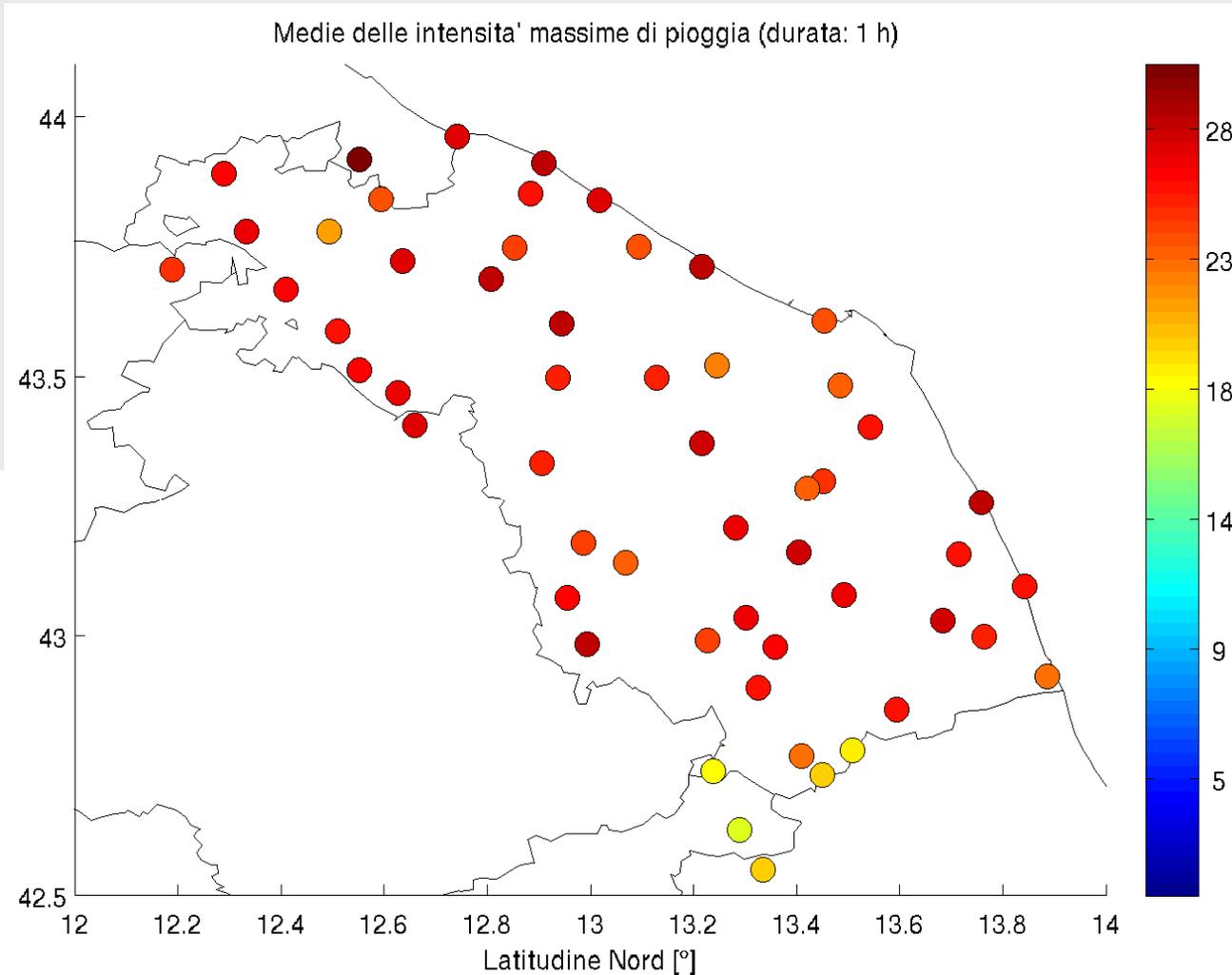
Curva di crescita regionale UNICA. La distribuzione genitrice di tipo GEV si adatta molto bene a tutte le durate.



Problema:
spazializzazione

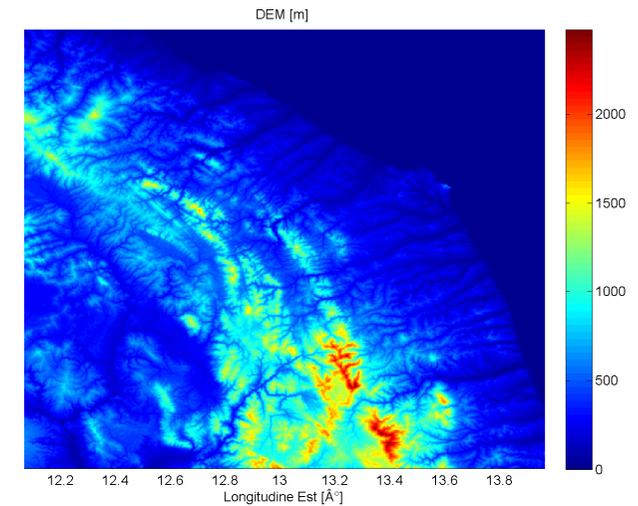
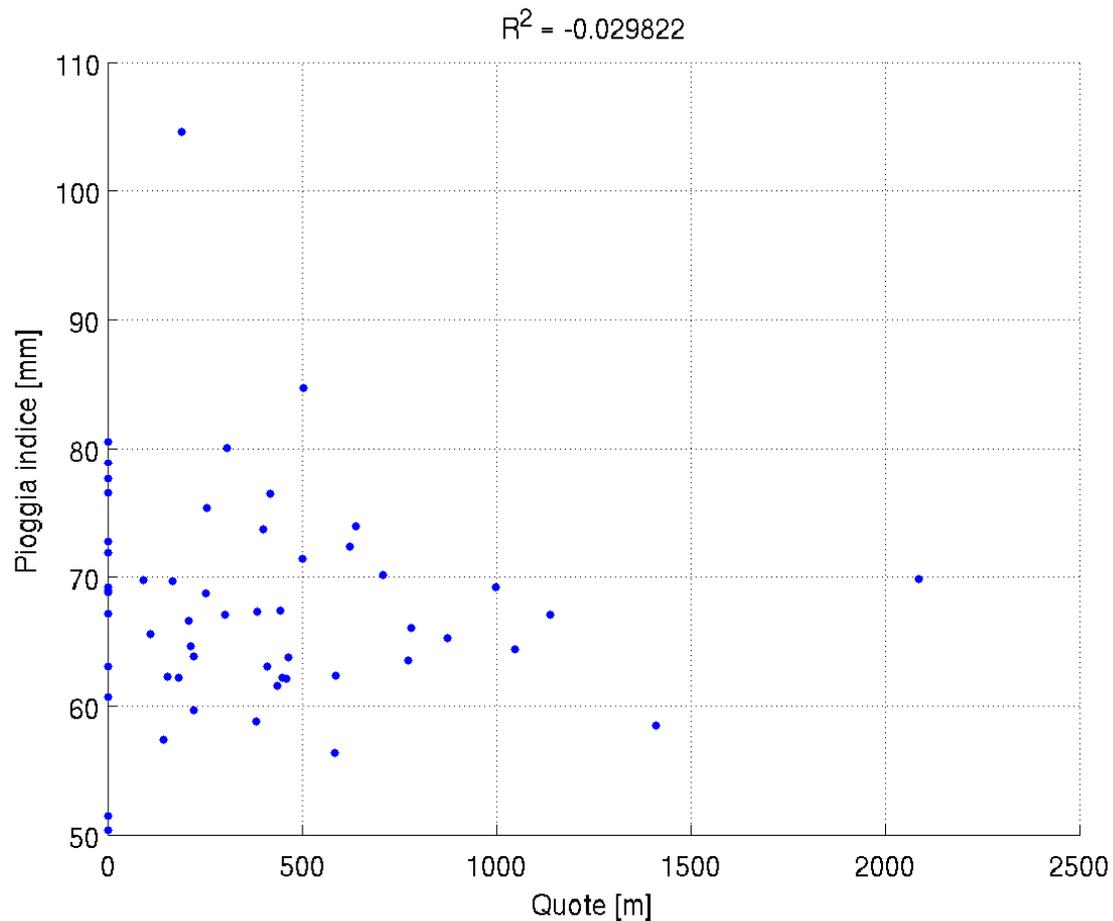
Precipitazione: variabile indice

Variabilità spaziale degli estremi medi
(pluviometri con almeno 30 anni di dati)



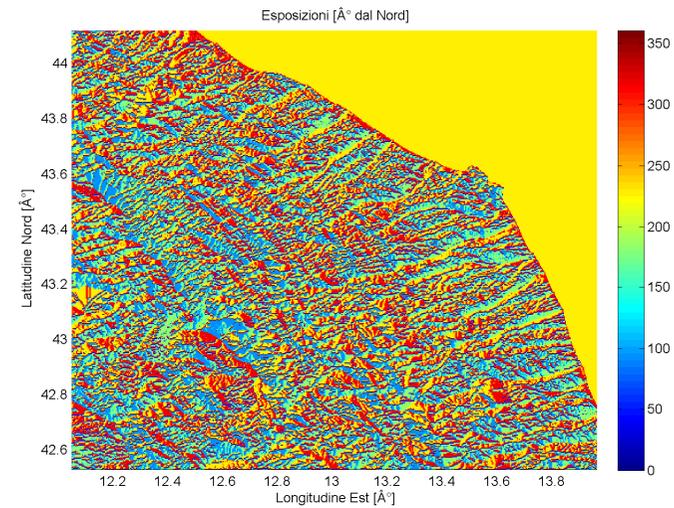
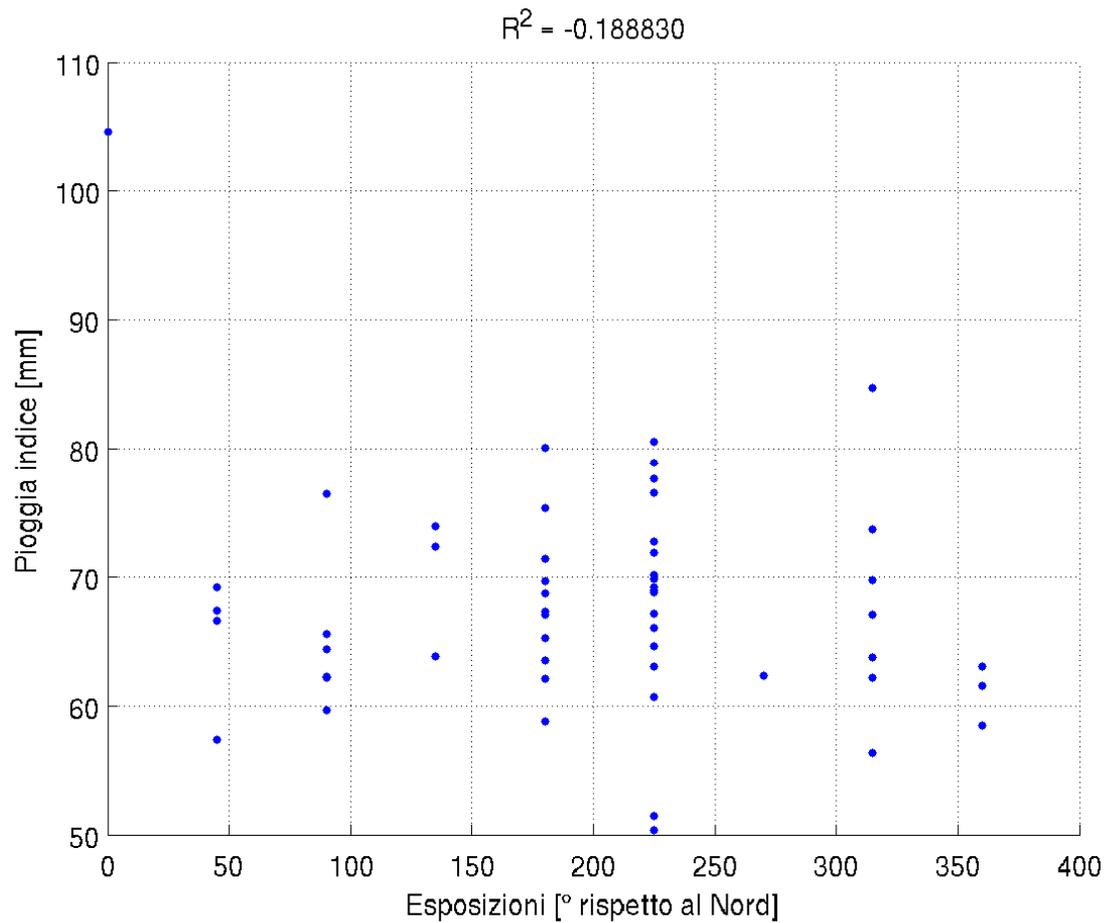
Precipitazione: variabile indice

Scatterplot pioggia indice VS indici topografici



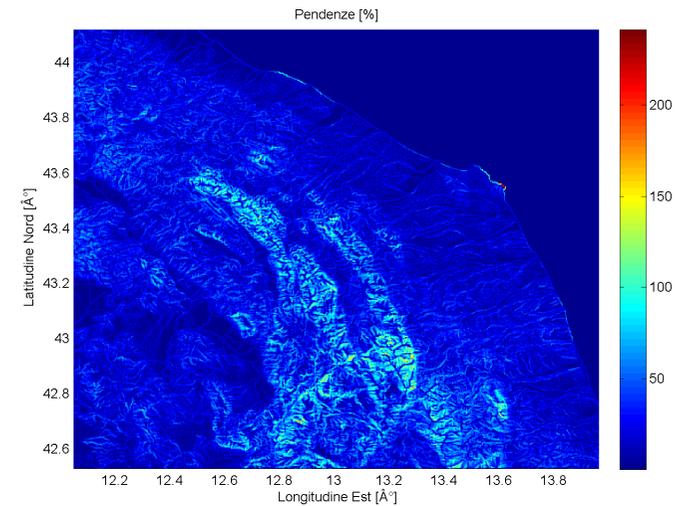
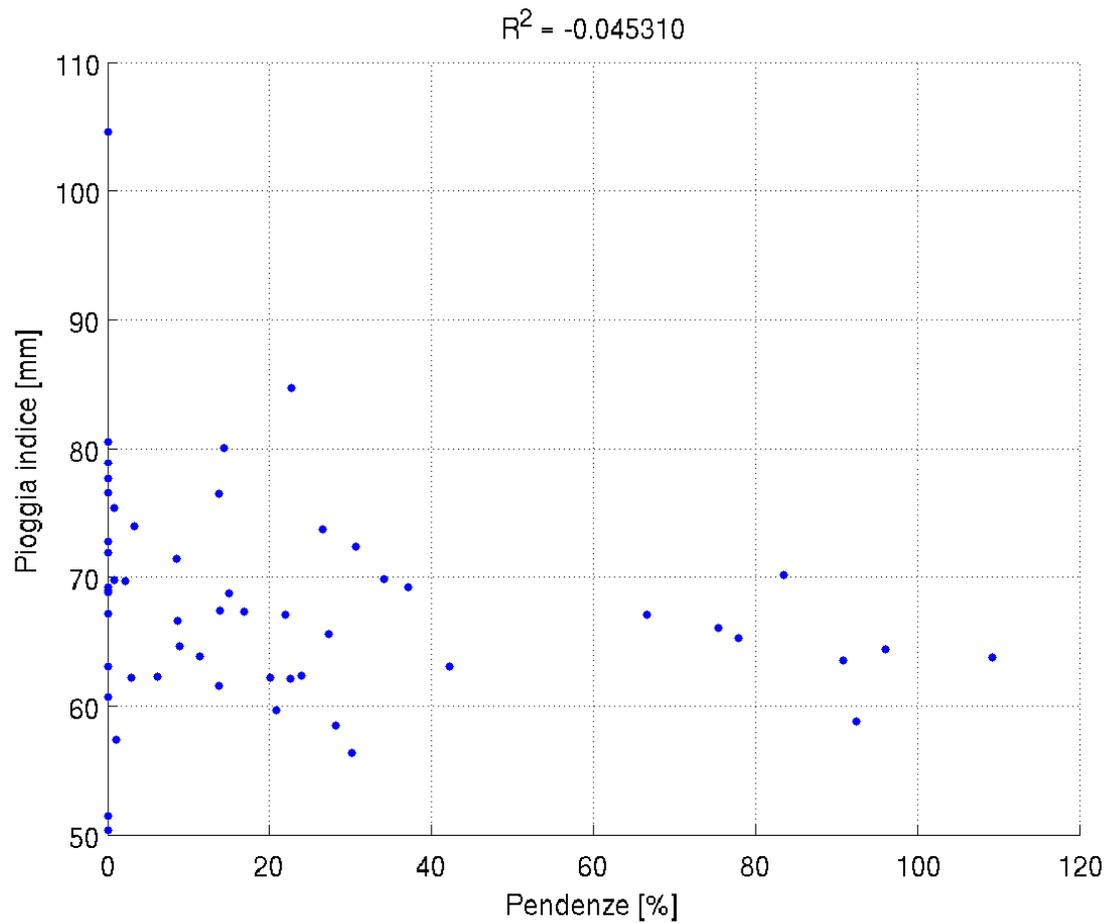
Precipitazione: variabile indice

Scatterplot pioggia indice VS indici topografici



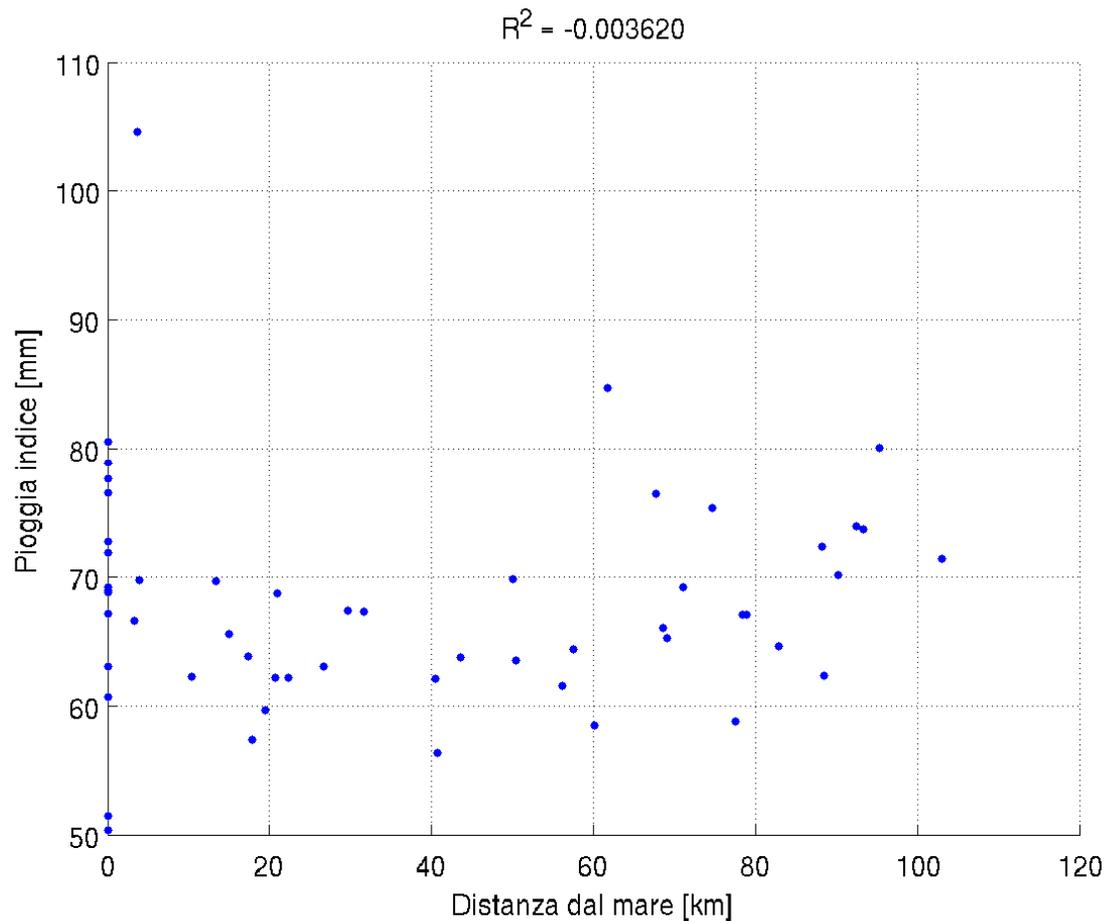
Precipitazione: variabile indice

Scatterplot pioggia indice VS indici topografici



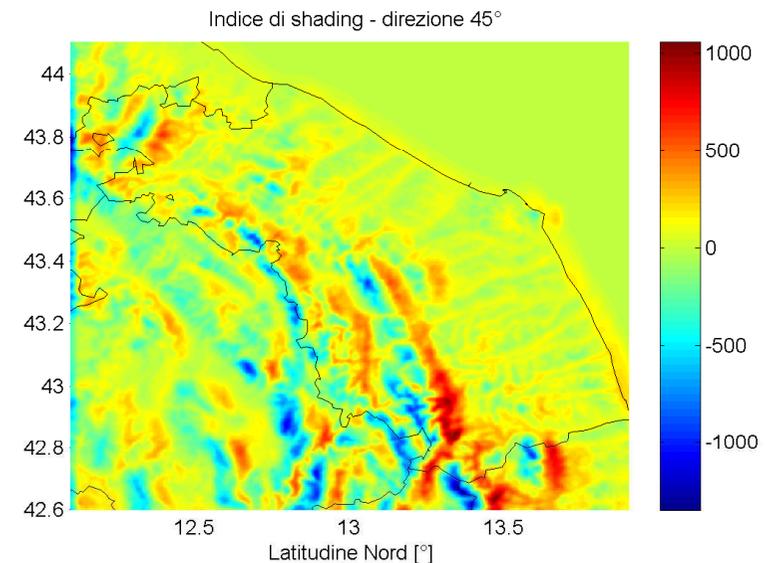
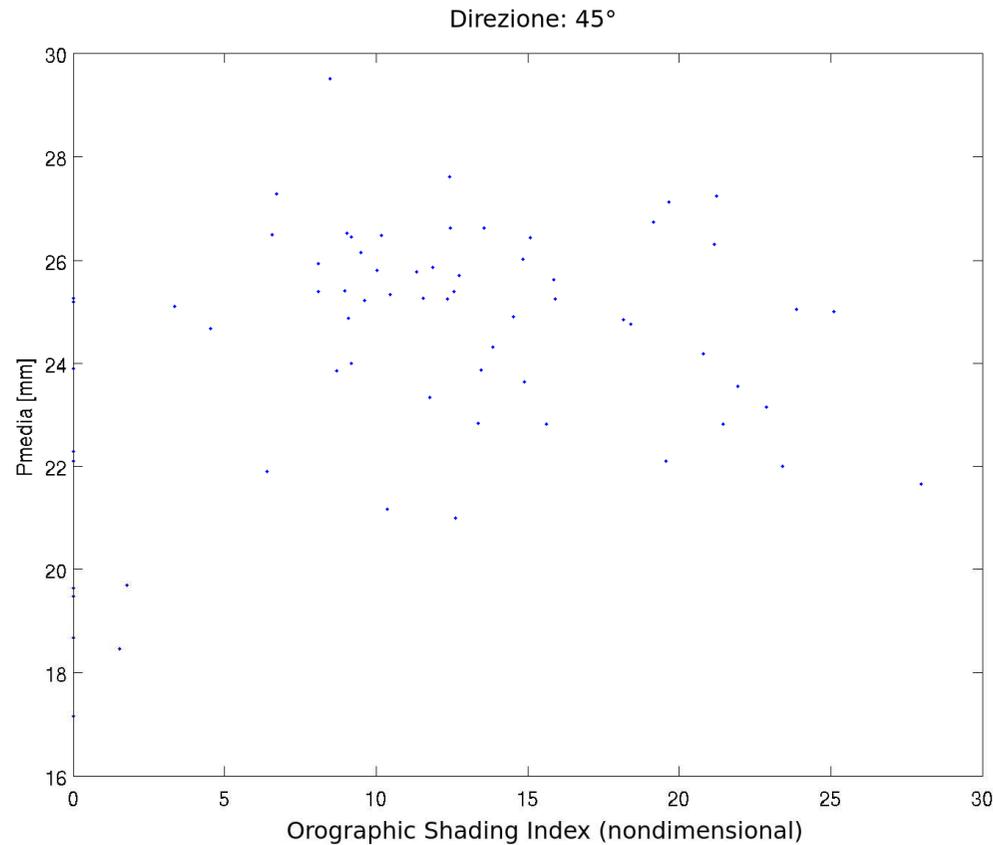
Precipitazione: variabile indice

Scatterplot pioggia indice VS indici topografici



Precipitazione: variabile indice

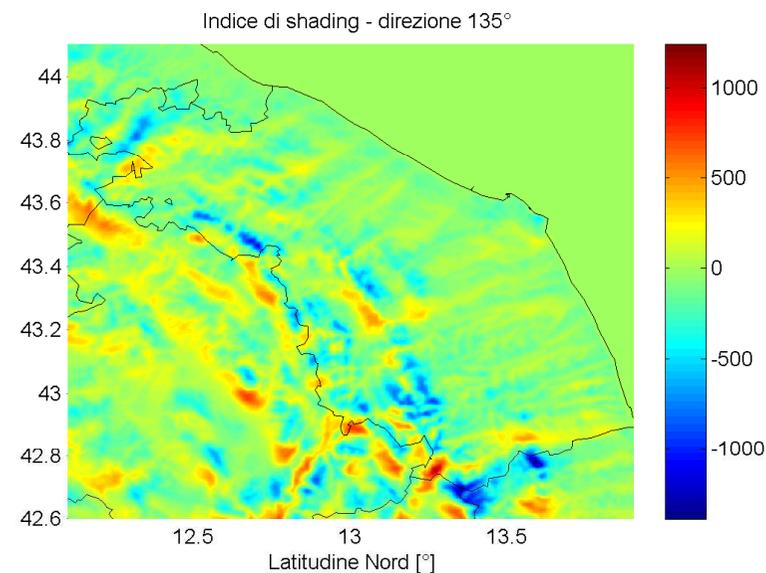
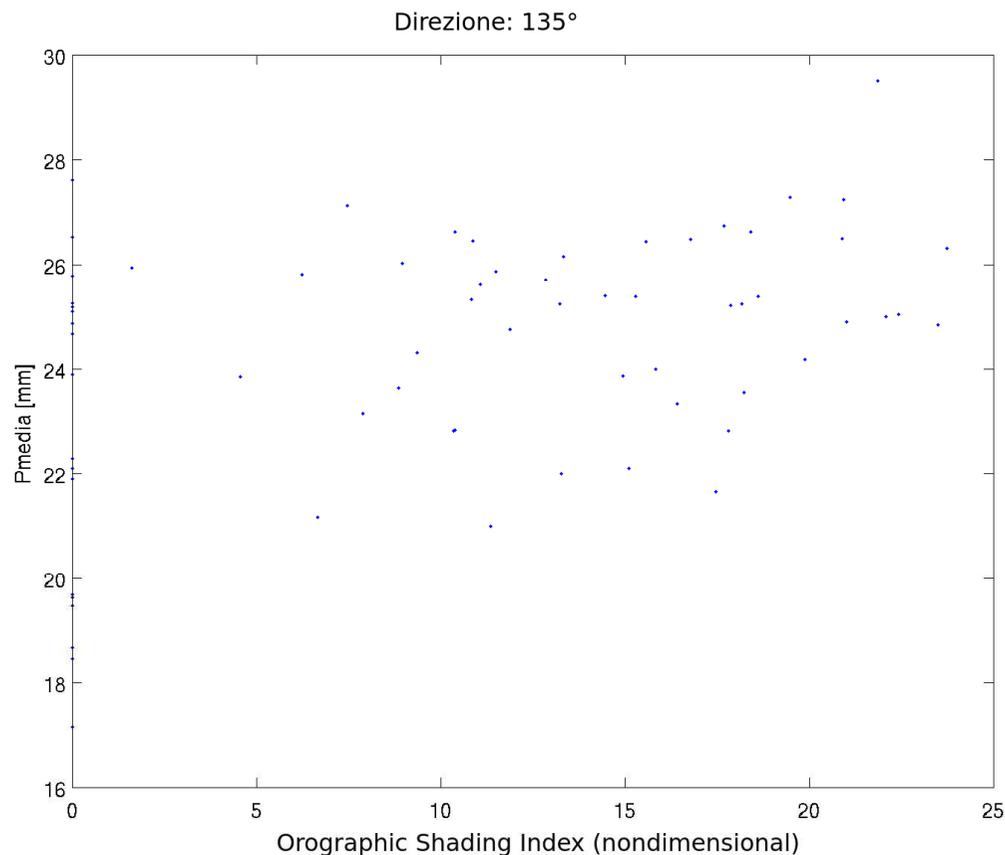
Scatterplot pioggia indice VS indici topografici



Indice di shading orografico (ottenuto per convoluzione del DEM con un opportuno insieme di kernel orientati).

Precipitazione: variabile indice

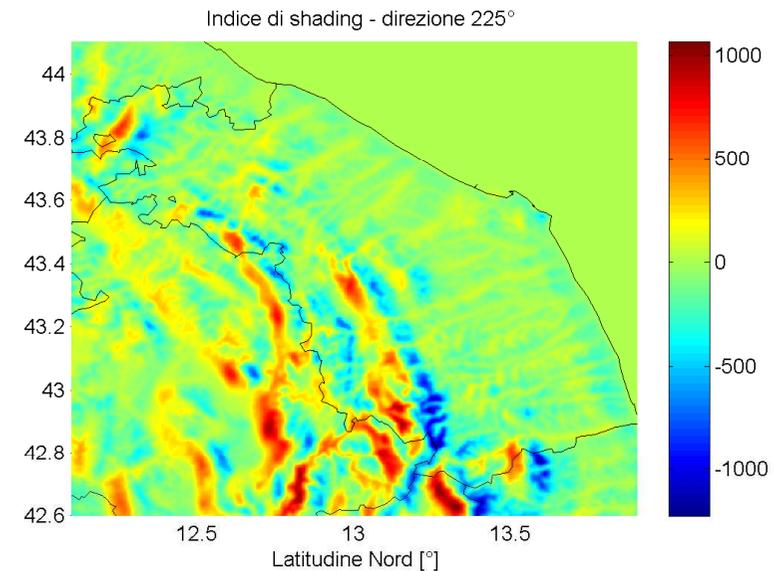
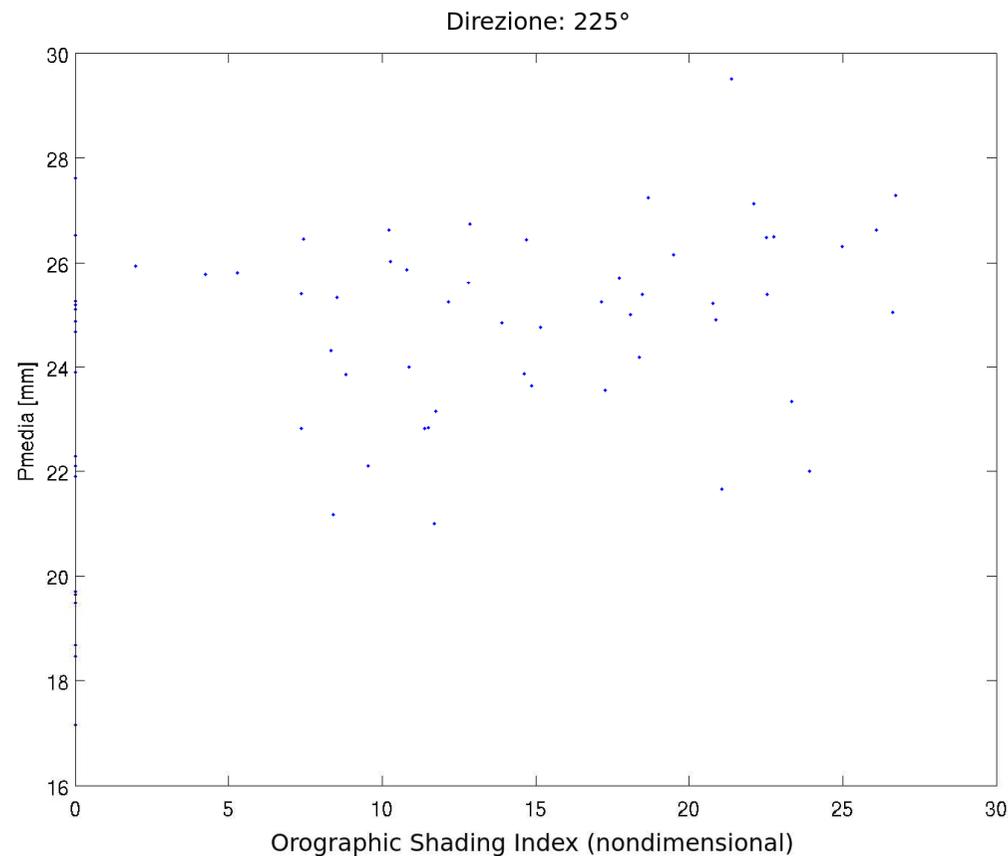
Scatterplot pioggia indice VS indici topografici



Indice di shading orografico (ottenuto per convoluzione del DEM con un opportuno insieme di kernel orientati).

Precipitazione: variabile indice

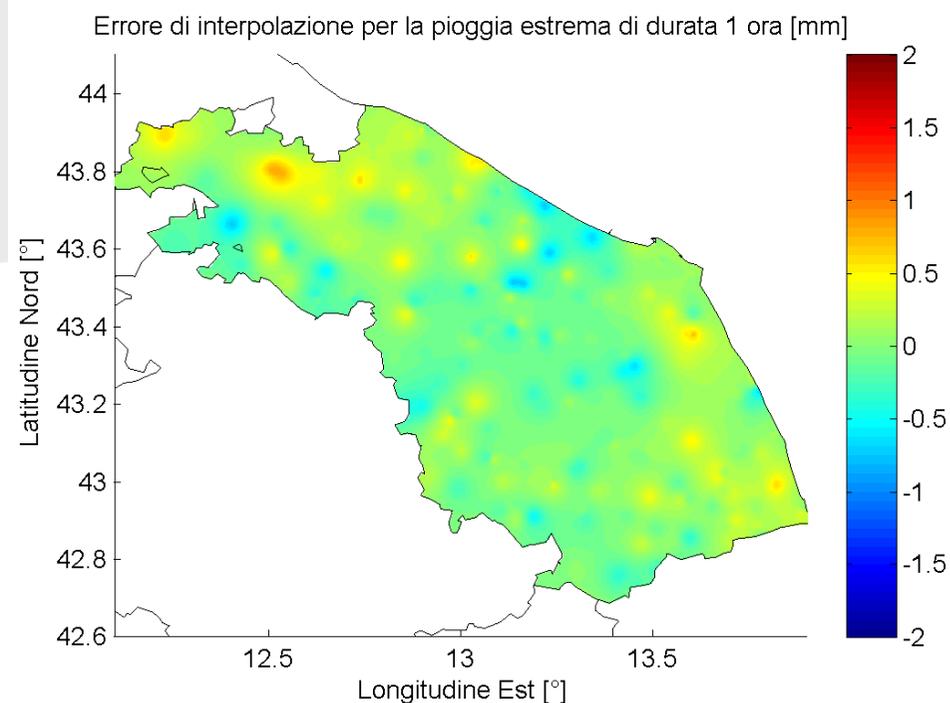
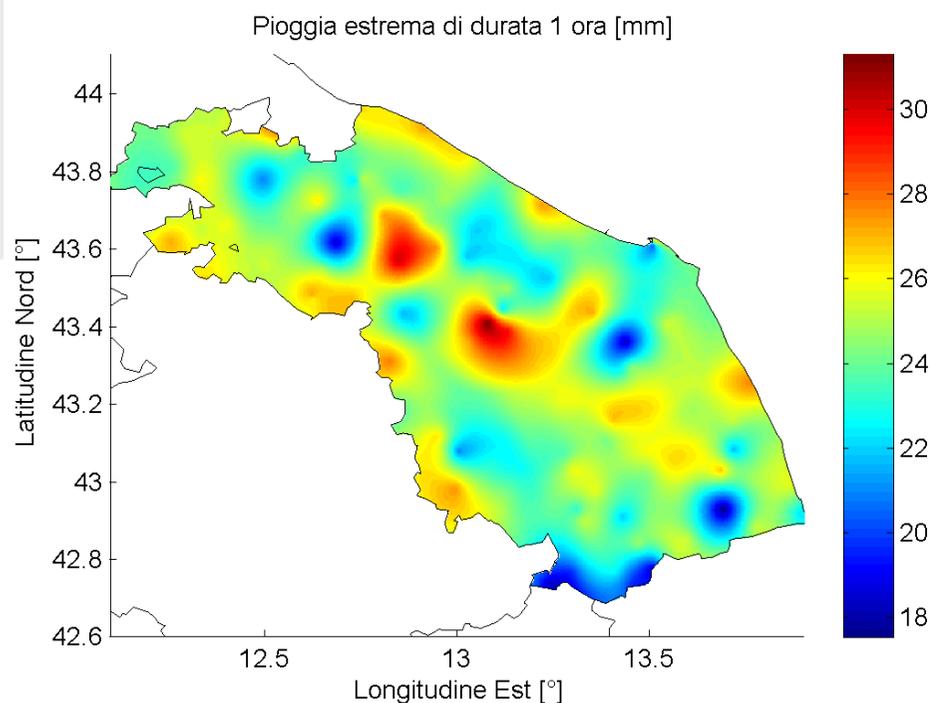
Scatterplot pioggia indice VS indici topografici

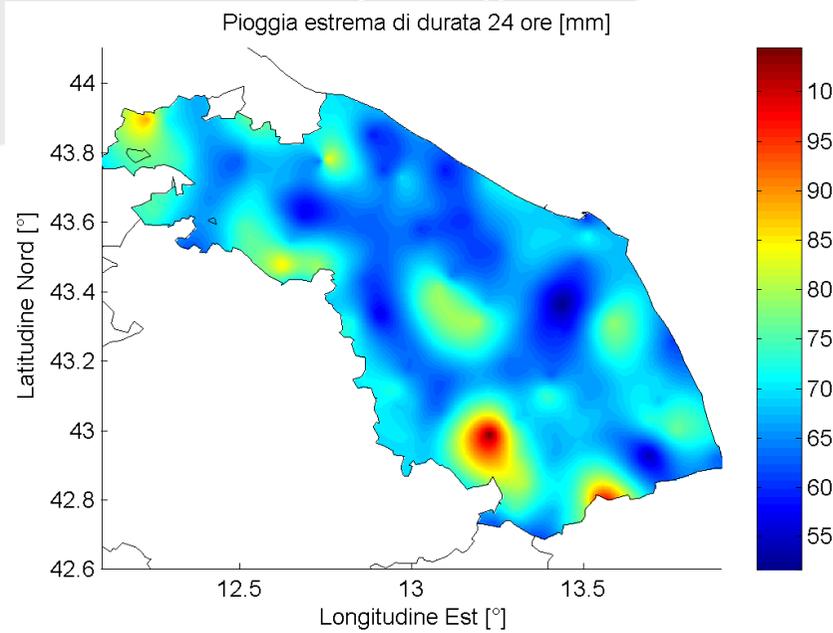
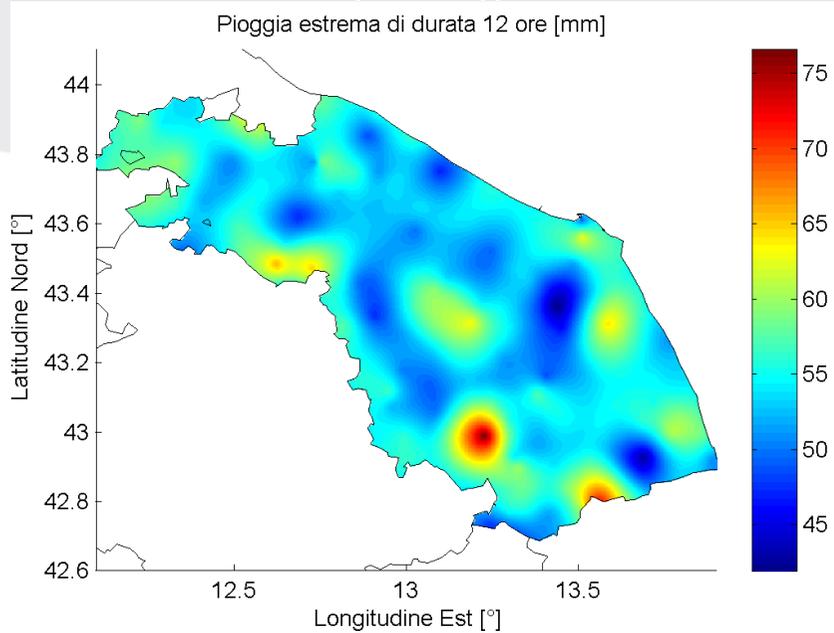
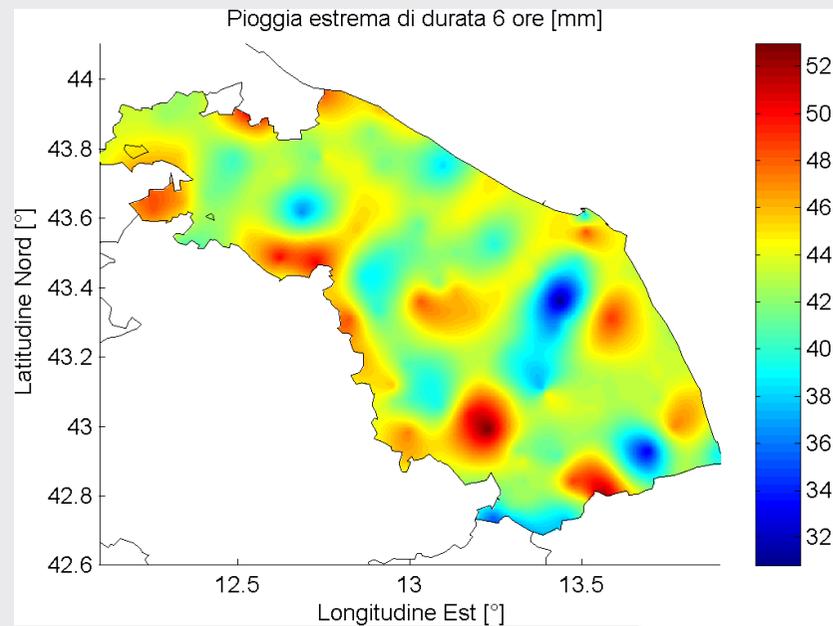
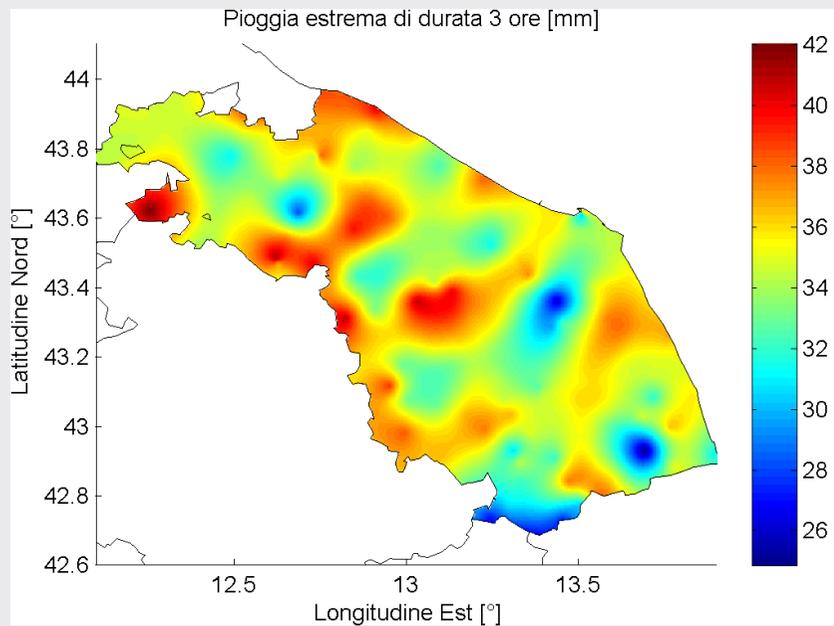


Indice di shading orografico (ottenuto per convoluzione del DEM con un opportuno insieme di kernel orientati).

Precipitazione: variabile indice

- Interpolazione spaziale della variabile indice: precipitazione estrema di durata 1 ora
- Procedura Jackknife per minimizzare e stimare l'errore di interpolazione: 50 % dei pluviometri eliminati casualmente per 100 iterazioni
- Metodo di interpolazione: kriging con variogramma sferico

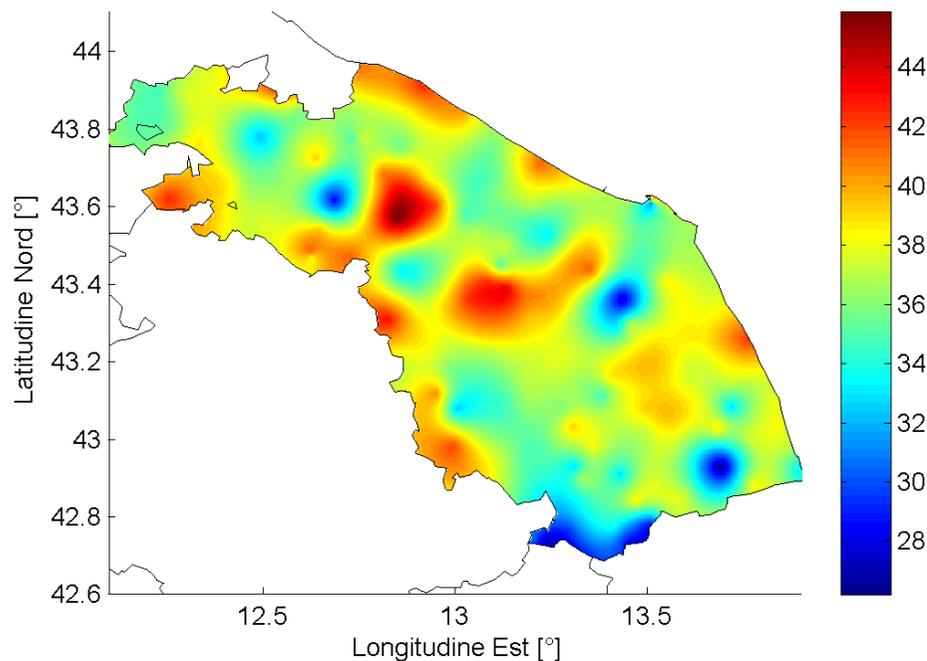




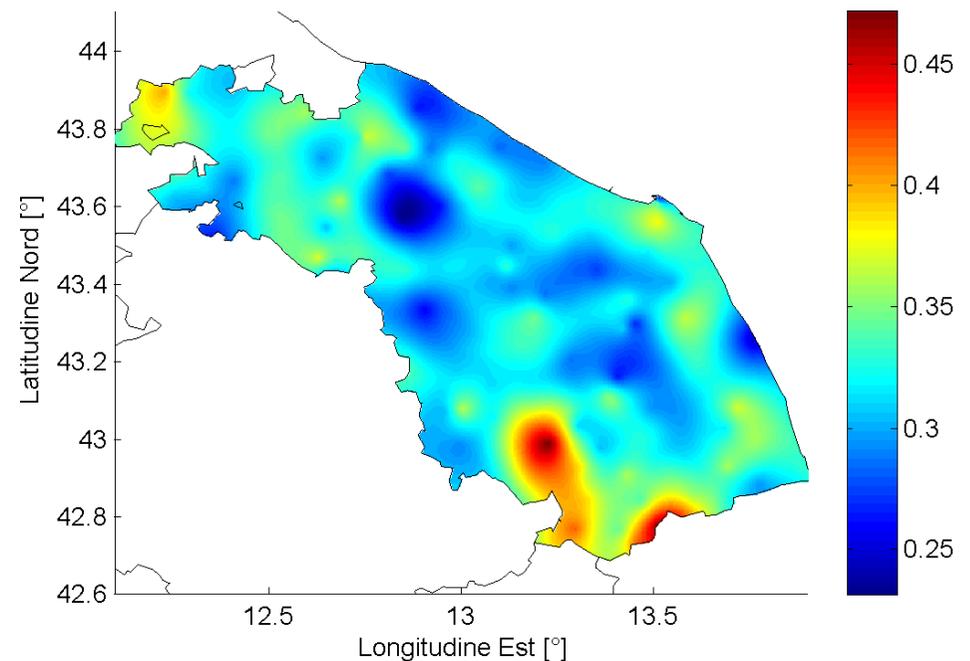
Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica Regionale

$$h(d, T) = 0.5711 \cdot \left[5.0286 \left(-\log \left(\frac{T-1}{T} \right) \right)^{-0.0524} - 4.1950 \right] \cdot ad^n$$

Parametro a della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica



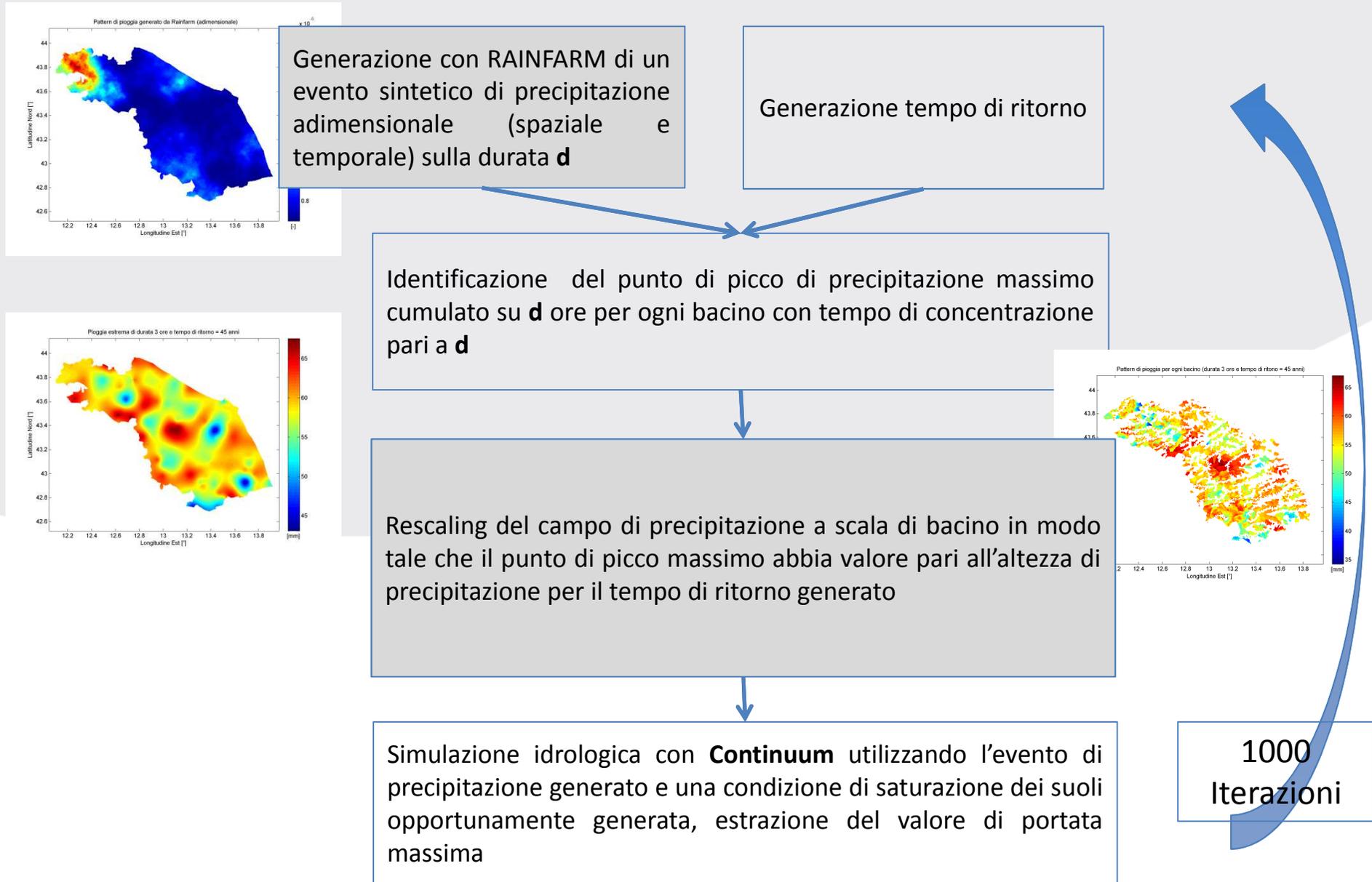
Parametro n della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica



Regionalizzazione delle portate massime annuali

- Non è stato possibile utilizzare un approccio diretto che utilizzi le serie storiche di portata per la molto **scarsa numerosità del campione**.
- **Approccio indiretto** che prevede la generazione di eventi sintetici di precipitazione utilizzando i risultati ottenuti nella procedura di regionalizzazione delle precipitazioni estreme e l'uso del modello idrologico Continuum calibrato e validato sul territorio regionale per determinare la risposta dei bacini

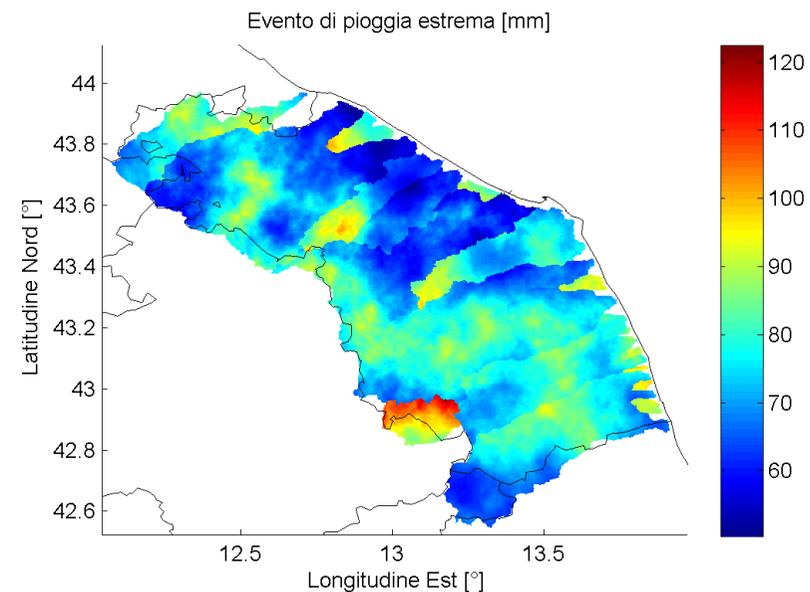
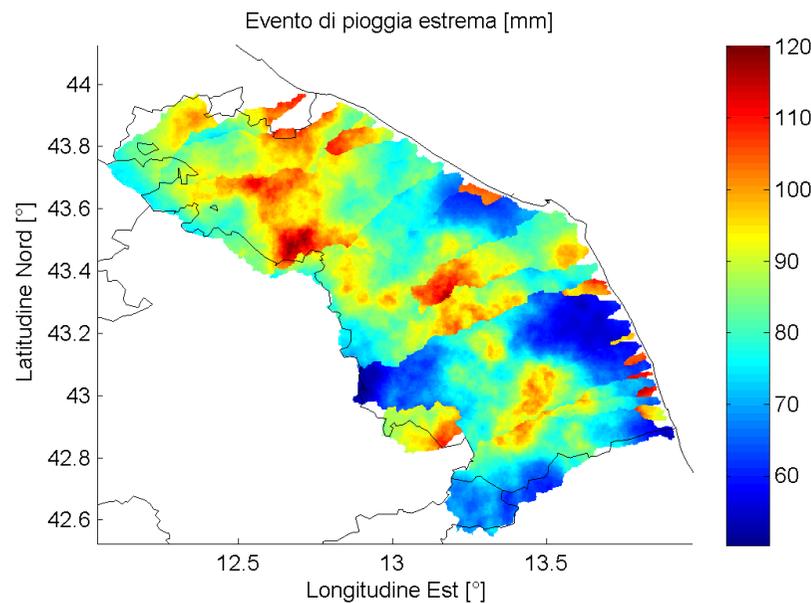
Approccio indiretto per la generazione del campione



Approccio indiretto per la generazione del campione

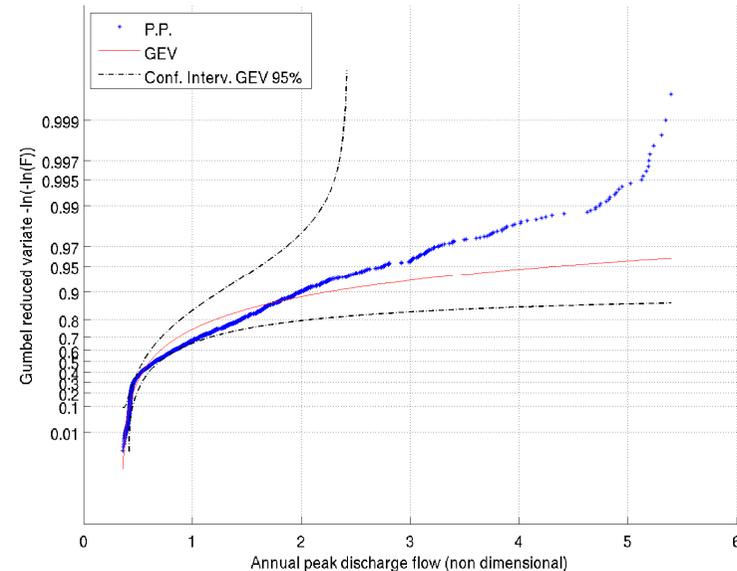
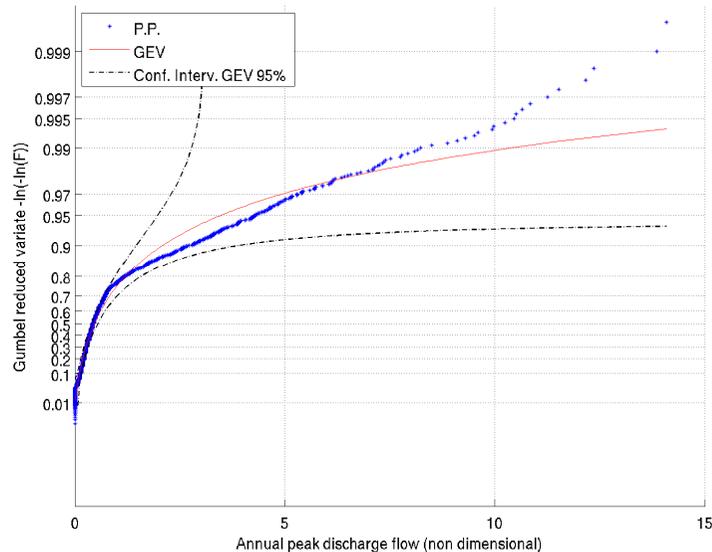
Caratteristiche degli eventi generati:

- 1) Si assume che il pattern spaziale sia privo di zone di non pioggia nel singolo bacino, data la dimensione limitata e l'alta durata degli eventi prescelta
- 2) Il pattern realistico è assicurato dalla generazione basata su downscaling spettrale di Rainfarm
- 3) Ogni evento piovoso così generato garantisce la coerenza col tempo di ritorno relativamente al picco massimo, ma al contempo mantenendo un pattern spaziale e temporale realistico



Regionalizzazione portate: fitting distribuzione

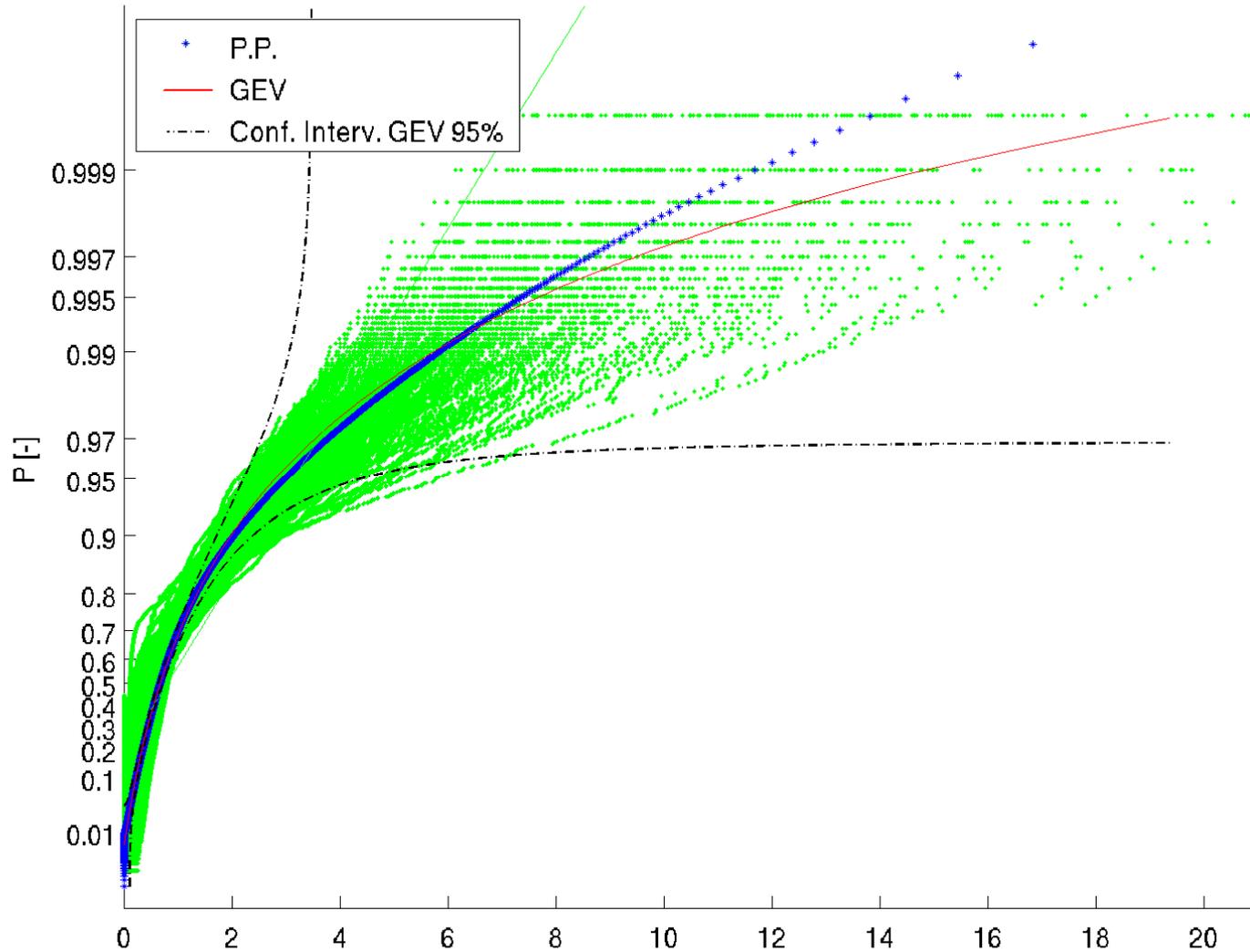
- Ogni evento così generato è stato usato come input per il modello idrologico Continuum, generando al contempo N condizioni di bagnamento iniziale del suolo, assumendo periodo autunnale/invernale.
- Per ognuna delle celle di reticolo sull'intero territorio regionale, la serie di picchi di portata è stata quindi considerata per il fit di una distribuzione di estremo (GEV)
- Come *primo tentativo*, solo la coda destra (quantili corrispondenti a tempi di ritorno ≥ 5 anni) è stata considerata per il fitting, allo scopo di:
 - garantire un fit più omogeneo sulle curve sperimentali adimensionalizzate con la variabile indice (portata di picco media)
 - evitare dati spuri dovuti generalmente a scarichi di dighe



Fit non soddisfacenti

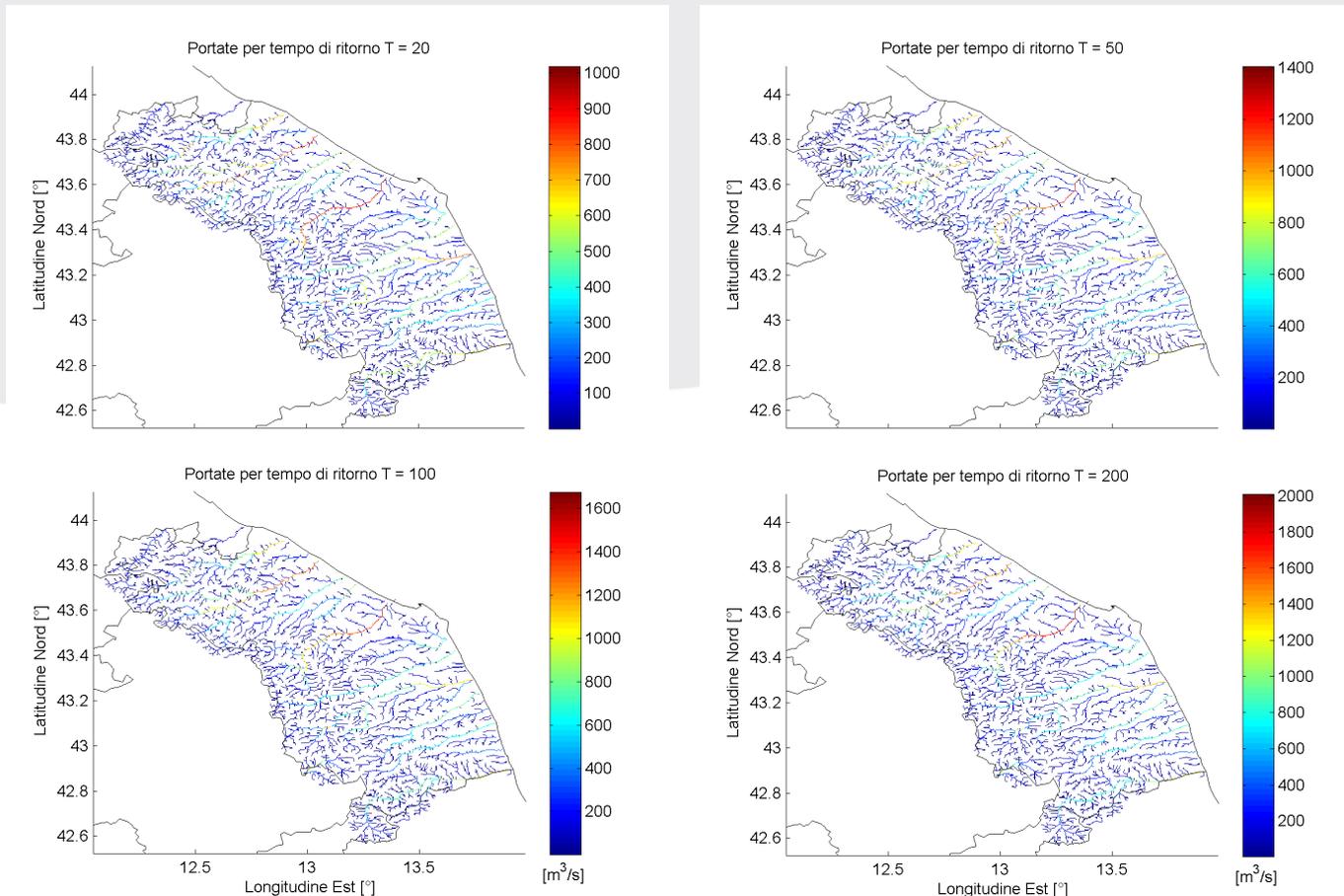
Osservare per prevedere, prevedere per prevenire

Regionalizzazione portate: fitting distribuzione



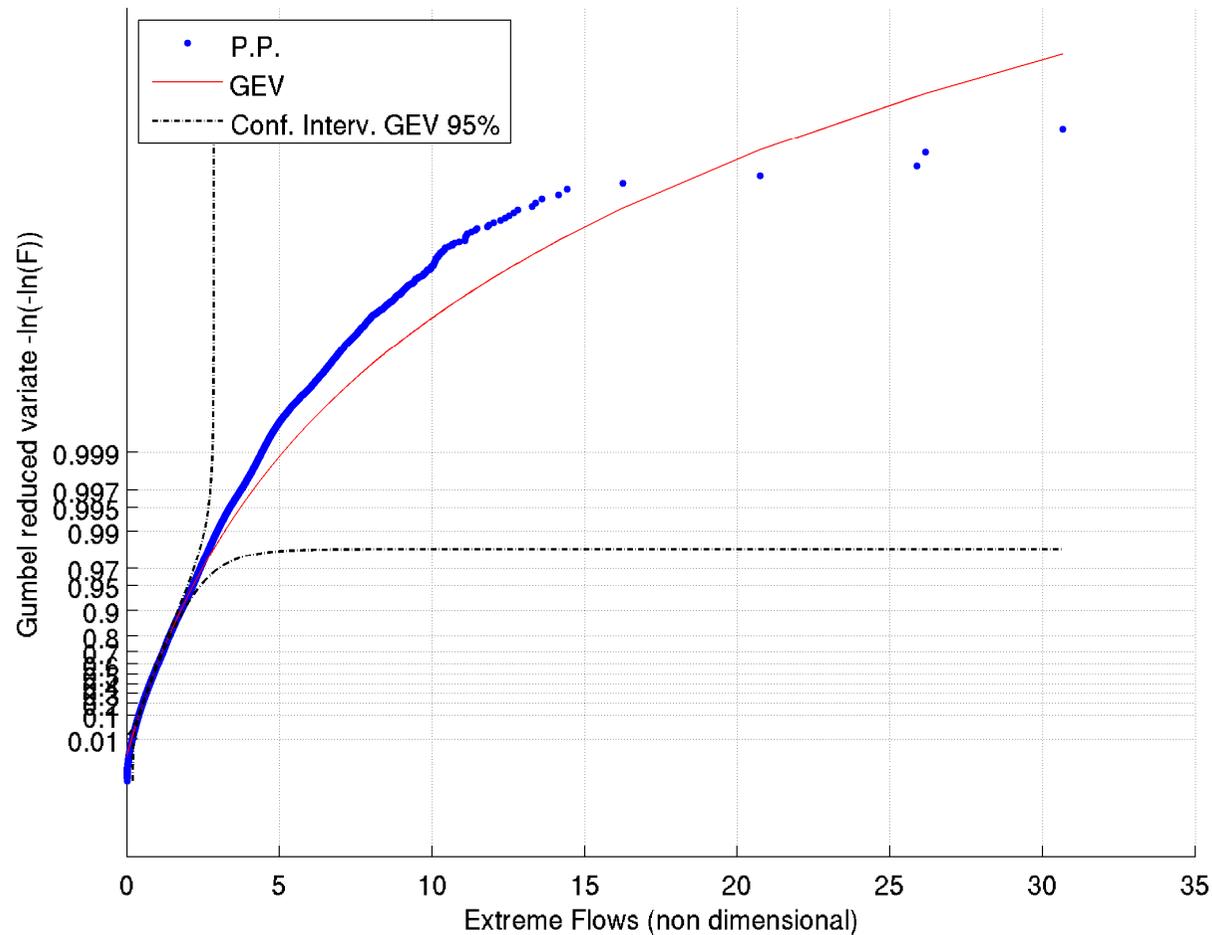
Regionalizzazione portate massimi annuali

- Fit non soddisfacenti -> distribuzioni campionarie per ogni cella di reticolo
- Calcolo dei quantili campionari su tutto il reticolo
- Produzione di mappe a Tempo di Ritorno costante (2, 5, 10, 20, 50, 100, 150, 200, 500 e 1000 anni)



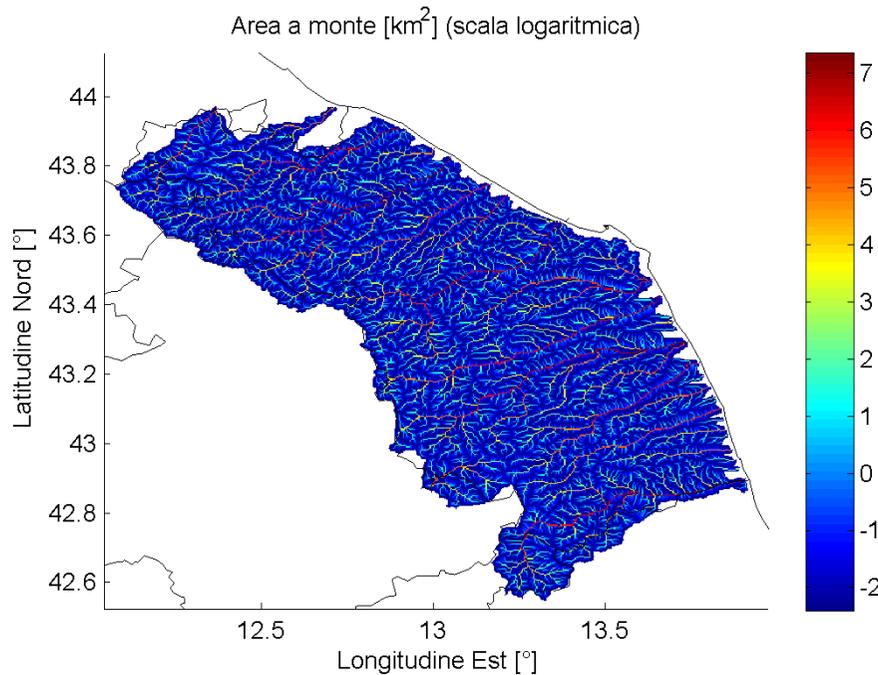
Regionalizzazione portate massimi annuali: bacini inferiori a 50 km²

- Piccoli bacini: curva regionale adimensionale (campioni dei bacini inferiori ai 50 km²)



Regionalizzazione portate massimi annuali: bacini inferiori a 50 km²

- Piccoli bacini: regressione con area (bacini inferiori ai 50 km²)



$$Q_{piccoli_bacini} = k_T * 1.6119 * A^{0.9735}$$

$Q_{mappe} = Q$ ricavata dalle
mappe di quantili

$$Q = \max(Q_{mappe}, Q_{piccoli_bacini})$$

Tempo di ritorno	2	5	10	20	50	100	150	200	500	1000
Fattore di crescita k_T	0.8643	1.3751	1.7555	2.1557	2.7303	3.2071	3.5050	3.7255	4.4825	5.1153

Osservare per prevedere, prevedere per prevenire