

DIPARTIMENTO DI IDRAULICA, TRASPORTI ED INFRASTRUTTURE CIVILI
POLITECNICO DI TORINO

Alessandro Giordano

Politecnico di Torino [alessandro1745@interfree.it]

APPLICAZIONE DI MODELLISTICA SHOT NOISE A
SERIE STORICHE DI DEFLUSSI GIORNALIERI IN ITALIA
NORD - OCCIDENTALE

Working Paper 2004 - 02
Maggio 2004

Sommario

Introduzione	4
1. Stima dei parametri	5
1.1 Identificazione delle serie di pioggia netta.....	5
1.2 Implicazioni della configurazione iniziale dell'input sulla procedura di stima dei parametri.....	7
2. La generazione delle serie sintetiche dei deflussi	8
3. Applicazioni	11
3.1 Stima dei parametri di bacino.....	11
3.2 Verifica delle ipotesi iniziali sull'input finale.....	13
3.3 Serie sintetiche dei deflussi.....	14
4. Conclusioni	16
Bibliografia	17

Elenco delle Appendici

Appendice A - <i>Risultati dell'applicazione del modello di stima dei parametri di bacino</i>	18
Appendice B - <i>Risultati dell'applicazione del protocollo "Simulinput" ai bacini in esame</i> ...	19
B.1 - <i>Ayasse a Champorcher</i>	20
B.2 - <i>Borbera a Baracche</i>	46
B.3 - <i>Ayasse a Champorcher</i>	47
B.4 - <i>Chisone a S. Martino</i>	73
B.5 - <i>Orco a Pont Canavese</i>	99
B.6 - <i>Scrvia a Serravalle</i>	125
B.7 - <i>Tanaro a Nucetto</i>	151
Appendice C - <i>Applicazione "tipo" del pacchetto "Simulinput"</i>	177
Appendice D - <i>Elenco delle principali funzioni del protocollo "Simulinput"</i>	198

Introduzione

Gli studi più recenti in merito alla modellistica Shot Noise (*Murrone , 1993, Murrone et al., 1997*) ne hanno dimostrato le potenzialità d'impiego alla scala d'aggregazione giornaliera, in virtù della loro capacità di descrivere, a detta scala, la natura intermittente e fortemente asimmetrica delle serie idrologiche. In seguito alla revisione di alcune basi concettuali del modello (*Claps et al., 2003*), si è dimostrata l'efficienza del protocollo Shot Noise nelle stime dei parametri di bacino condotte con serie storiche sia poco consistenti sia relative a bacini caratterizzati da quote medie anche piuttosto elevate.

Con il presente studio si intende indagare il comportamento dello Shot Noise in abbinamento ad una procedura di generazione di serie sintetiche dei deflussi che utilizza in ingresso gli output del processo di Poisson filtrato.

Inizialmente, per via dell'importanza che rivestono ai fini dello sviluppo della procedura di generazione delle serie sintetiche, saranno ripresi e discussi alcuni degli aspetti teorici del modello di stima dei parametri di bacino, rimandando quindi alla bibliografia per una trattazione più ampia sull'argomento.

1. Stima dei parametri

1.1 Identificazione delle serie di pioggia netta

La procedura per la stima dei parametri del modello Shot Noise è strettamente connessa all'identificazione del processo di pioggia netta. La serie in ingresso è infatti interamente ricostruita con stima inversa.

Poiché la procedura numerica è di tipo iterativo, essa necessita di essere inizializzata. Risulta molto importante, in questa fase, definire il criterio di inizializzazione della serie dell'input netto. La presenza di numerosi e ben distinti picchi di portata rende facile l'identificazione delle occorrenze di eventi di pioggia netta in corrispondenza delle piene. In relazione ai deflussi di entità ridotta, invece, tale individuazione è più ambigua, perché i picchi sono meno pronunciati.

Seguendo una proposta di *Battaglia (1986)*, *Murrone et al. (1997)* hanno adottato un criterio di selezione dei picchi (*impulse*), secondo cui i deflussi osservati non dovrebbero evidenziare alterazioni dei valori di portata in assenza di sollecitazioni esterne; quindi, laddove la serie delle portate presenta incrementi, si può assumere in prima approssimazione che sia avvenuto un evento di pioggia. Tale determinazione si può ottenere tramite la serie delle differenze prime dei deflussi osservati:

$$Y_t = x_{t+1} - x_t$$

grazie alla quale, in tutti i casi in cui la differenza Y_t è positiva, si può assumere una occorrenza di precipitazione. L'entità di tale differenza può essere assunta come stima iniziale dell'ampiezza dell'input, in quanto, grazie all'ipotesi di linearità, ogni incremento di portata si può ritenere proporzionale all'impulso che lo ha generato. Per evitare di dare eccessivo peso a piccole alterazioni, si può ricorrere ad un parametro soglia s , in virtù del quale è possibile filtrare incrementi di portata di modesta entità.

La serie degli impulsi stimati con tale metodo si presenta tuttavia con caratteristiche che mettono in molti casi in dubbio il verificarsi di condizioni necessarie per la modellazione della stessa tramite processo puntuale marcato. Infatti, tra le ipotesi fondamentali dei processi puntuali vi sono l'indipendenza degli eventi e la poissonianità delle loro occorrenze. Entrambe queste ipotesi tendono a non essere rispettate quando gli eventi sono troppo ravvicinati nel tempo, cosa che avviene molto frequentemente nel caso di impulsi stimati con la procedura *impulse*.

In presenza di componente nivale o glaciale delle precipitazioni, il rispetto di tali condizioni risulta ancora più dubbio, dal momento che le sequenze di incrementi costanti di portata defluente, che si osservano nelle serie storiche, sono da ricondursi al processo di scioglimento dei depositi nivali, e non già ad apporti dovuti a particolari fenomeni di precipitazione, come erroneamente si potrebbe assumere.

Ad ogni modo, una più articolata determinazione delle occorrenze, anche senza introdurre altre grandezze di controllo come, ad esempio, le serie delle temperature, darebbe maggiori contenuti alla simulazione delle componenti elevate del deflusso, con riflessi positivi sulla comprensione ed il confronto dei meccanismi di formazione delle piene. Si è pensato, pertanto, di filtrare l'input in ingresso per mezzo di una procedura Filtered Peaks Over Threshold (FPOT) proposta da *Claps e Laio* (2003). In tal senso si è scelto di rendere l'input in ingresso il più possibile conforme alle ipotesi di indipendenza e poissonianità, riformulando in parte il concetto di soglia proposto da *Murrone et al.* (1997). Il meccanismo di selezione della serie delle occorrenze dalla serie storica delle portate prevede l'individuazione di tutti i punti di massimo relativo delle portate. Le entità degli eventi sono stimate come differenza tra il generico picco di portata ed il primo minimo relativo che si incontra per tempi precedenti. Alla serie così ottenuta vengono applicati i test statistici di Kendall, per valutare l'indipendenza di eventi successivi, ed il test di Cunnane, per verificare la poissonianità delle occorrenze. Com'è lecito attendersi, i test difficilmente risultano superati al primo tentativo. Per questa ragione si procede iterativamente, decurtando il numero di occorrenze attraverso l'ausilio di una soglia limite d'accettazione s , da incrementarsi di volta in volta fino al soddisfacimento delle condizioni. Ad ogni iterazione i valori dell'input sotto la soglia vengono automaticamente posti a zero, riducendo nel contempo il numero di occorrenze di modesta entità dovute essenzialmente agli errori di misurazione ed alla presenza di rumore dinamico.

Si ottiene così una serie più "povera" di occorrenze ma che meglio si adatta alle necessità di simulazione, specie nella fascia alta delle portate. D'altra parte però la scarsità di eventi potrebbe rappresentare per il modello un vincolo rigido riguardo alla ricerca del miglior adattamento ai dati. La procedura è infatti forzata a ripartire l'intero volume osservato tra i pochi eventi previsti, determinando accumuli cospicui nei serbatoi lineari di falda. Questi si riflettono poi in curve di esaurimento spesso differenti rispetto a quelle osservate.

1.2 Implicazioni della configurazione iniziale dell'input sulla procedura di stima dei parametri.

Si è descritto, al paragrafo precedente, il duplice approccio alla simulazione Shot Noise, con input di primo tentativo *impulse* o *fpot*.

L'algoritmo di stima sviluppato in origine da *Murrone (1993)* prevede, noti gli impulsi di primo tentativo valutati dalla serie delle differenze prime delle portate osservate, la stima del vettore θ dei parametri dell'IUH del bacino mediante la minimizzazione della funzione obiettivo ottenuta dalla differenza della serie dei deflussi osservato e ricostruito, quest'ultimo ricavato attraverso l'integrale di convoluzione tra la serie degli impulsi di cui sopra e l'IUH del sistema. Viene valutata, quindi, una nuova serie dell'input in ingresso, tramite l'operazione di deconvoluzione tra la serie delle portate osservate e l'IUH appena calcolato, dando inizio ad un nuovo ciclo che si conclude non appena

$SQ(\theta) = \sum_{t=1}^N \left\{ x_t - \sum_{s=1}^t Y_{t-s+1} \cdot h'_s(\theta) \right\}^2$, valutato all'iterazione i -esima, differisce, di un valore

limite opportunamente fissato, dal corrispettivo $SQ(\theta)_{i-1}$ calcolato all'iterazione precedente.

Questo tipo di approccio ha l'indubbio svantaggio di ricorrere, per la definizione di un nuovo input di tentativo, al processo inverso alla convoluzione, operazione che, essendo mal condizionata, dà origine, assai di frequente, a forte instabilità numerica, rallentando o rendendo impossibile la convergenza del processo di stima. Poichè la condizione di non negatività degli impulsi non può essere facilmente implementata nell'algoritmo di deconvoluzione, è necessario inoltre verificarla ed imporla a posteriori, rimuovendo i valori negativi e le loro occorrenze. In questo modo, le occorrenze stimate sono verificate implicitamente.

Se la deconvoluzione è comunque indispensabile con un input di primo tentativo di tipo *impulse*, per via dell'elevato numero di occorrenze di entità medio piccola che presenta, lo stesso non si può dire qualora si ricorra all'utilizzo di una serie iniziale stimata con metodo *fpot*. Si osserva infatti, che, qualora si fornisca al modello un input iniziale caratterizzato da un numero assai ridotto di occorrenze, come quello *fpot*, l'input finale, a stima ultimata, presenterà un numero di eventi invariato rispetto alla serie iniziale; e ciò a causa dell'impossibilità, da parte dello Shot Noise, di incrementare o ridistribuire sull'asse dei tempi il numero delle singole occorrenze.

La possibilità di lavorare con un input iniziale che preserva le sue caratteristiche, almeno per ciò che concerne il numero e la posizione delle occorrenze, è di indubbio vantaggio sia perché

permette di vincolare “a monte” alcune caratteristiche che si vogliono ritrovare nella serie delle piogge finali sia perché rende superfluo il ricorso all’operazione di deconvoluzione nella procedura di stima (trattandosi, l’*fpot*, di un input già fortemente intermittente).

In seguito a tali considerazioni, le stime effettuate con input iniziale *fpot* saranno sempre da intendersi relative alla configurazione del modello Shot Noise priva del processo di deconvoluzione.

2. La generazione delle serie sintetiche dei deflussi

Si sono considerati modelli continui di precipitazione, finalizzati alla descrizione dell’evoluzione nel tempo delle piogge puntuali. Essi sono generalmente costituiti da due moduli distinti, il primo dei quali modella il susseguirsi nel tempo degli eventi piovosi mentre il secondo schematizza la singola precipitazione.

Il primo modulo fa riferimento ai processi poissoniani (*Eagleson, 1978*), mentre la singola pioggia viene considerata un impulso istantaneo incorrelato (white noise), con legge esponenziale.

La necessità di ottenere entità necessariamente maggiori di zero, non potendo le piogge assumere valori negativi, unitamente alla volontà di riprodurre un altro carattere distintivo di tali serie, quale la forte asimmetria positiva, dovuta agli estremi della variabile che possono assumere entità anche di alcuni ordini di grandezza maggiori del valore medio, ha fatto ricadere la scelta del modello di generazione dell’input sulla tipologia PWNE (Poisson White Noise Exponential), che è in grado di riprodurre in modo efficiente sia la variabilità della serie sia i massimi (*Murrone, 1993*).

Il numero n di eventi è assimilabile ad una variabile aleatoria N , distribuita secondo la legge di Poisson con intensità λ :

$$p_N(n) = \frac{(\lambda \cdot \Delta t)^n \cdot e^{-\lambda \cdot \Delta t}}{n!} \quad \lambda > 0, n = 0, 1, 2, \dots$$

Per l’intensità dell’evento di pioggia istantaneo, indipendente dalla variabile N , si è utilizzata la distribuzione esponenziale con parametro β .

Pertanto, la funzione di densità di probabilità della pioggia netta cumulata Y in un giorno assume la forma (*Eagleson, 1978*):

$$f_Y(y) = e^{-\lambda} \left[\delta(y) + \sqrt{\frac{\lambda \beta}{y}} I_1(2\sqrt{\lambda \beta y}) e^{-\beta y} \right]$$

dove $\delta(\cdot)$ è la funzione delta di Dirac e $I_1(\cdot)$ è la funzione modificata di Bessel del 1° ordine.

La stima dei parametri attraverso l'ausilio del metodo dei momenti fornisce le relazioni:

$$\begin{cases} \hat{\lambda} = \frac{2 m_Y^2}{s_Y^2} \\ \hat{\beta} = \frac{2 m_Y}{s_Y^2} \end{cases} \quad \text{in cui } m_Y = E[Y] \text{ e } s_Y^2 = Std(Y)$$

ossia, m ed s sono i valori campionari di media e deviazione standard della serie delle piogge nette.

Si osserva, a questo punto della trattazione, che l'unità temporale adottata è il giorno.

Si ammette, quindi, che il giorno i -esimo possa o non possa essersi verificato un evento, indipendentemente dalla sua collocazione temporale nelle 24 ore. Alla luce delle considerazioni di cui sopra, il processo delle occorrenze assume forma discreta e quindi l'utilizzo della distribuzione di Poisson non risulterebbe propriamente corretto, trattandosi, quest'ultima, di una distribuzione continua. Infatti, per quanto remota, la probabilità di avere più di un evento al giorno sarebbe teoricamente diversa da zero, con l'inconveniente però di non riuscire, in tale circostanza, ad assegnare univocamente un'intensità alle singole occorrenze sub-giornaliere. Per questa ragione si è preferito utilizzare l'espressione dei momenti per il processo composto Binomiale-Esponenziale:

$$\begin{cases} \lambda = \frac{2 \cdot \mu_y^2}{(\sigma_y^2 + \mu_y^2)} \\ \beta = \frac{(\sigma_y^2 + \mu_y^2)}{2 \cdot \mu_y} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \hat{\lambda} = \frac{2 \cdot m_y^2}{(s_y^2 + m_y^2)} \\ \hat{\beta} = \frac{(s_y^2 + m_y^2)}{2 \cdot m_y} \end{cases}$$

L'approccio alla simulazione con parametri annuali, utilizzato in *Claps et al. (2003)*, benché impiegato al fine di facilitare il confronto tra le due procedure di selezione dell'input iniziale, (*impulse* ed *fpot*), ha altresì confermato i possibili margini di miglioramento, in termini di

riproduzione delle statistiche più significative, che si avrebbero dall'introduzione di un numero crescente di stagioni.

I parametri $\hat{\lambda}$ e $\hat{\beta}$ sono stati pertanto stimati separatamente con riferimento a diverse stagioni omogenee. Conformemente al principio di parsimonia, si è infine evitato di lavorare con un numero eccessivo di stagioni, stabilendo pertanto un parallelo tra le performance del protocollo di generazione ottenute con stagioni di 28 giorni e annuali.

Infine, noti i parametri di bacino e, di conseguenza, la forma della funzione di trasformazione totale delle piogge in deflussi, la serie sintetica delle portate è ottenuta per convoluzione tra l'IUH del bacino e la serie dell'input generata secondo il modello adottato Poisson White Noise Exponential (PWNE), i cui parametri andranno stimati sulla serie dell'input finale in uscita dallo Shot Noise.

3. Applicazioni

3.1 Stima dei parametri di bacino

Il modello Shot Noise a risposta multipla è stato applicato a 7 serie temporali di deflussi giornalieri, registrate in stazioni localizzate nelle regioni alpine ed appenniniche dell'Italia settentrionale.

Bacino	Sezione di chiusura	Anni di osservazione	Area (km^2)	Q_{media} (m^3/s)
Ayasse	<i>Champorcher</i>	50-60, 62-67, 69-73	42.2	1.67
Borbera	<i>Baracche</i>	42-43, 50-61	202.0	5.26
Bormida	<i>Cassine</i>	47-58	1483.0	23.97
Chisone	<i>S. Martino</i>	42-67	580.0	12.54
Orco	<i>Pont Canavese</i>	42-43, 48-67, 69-75	617.0	19.23
Scrivia	<i>Serravalle</i>	42-43, 52-63	605.0	15.04
Tanaro	<i>Nucetto</i>	35-44, 47-65	375.0	10.40

Si sono considerati i bacini già oggetto di studio del lavoro di *Claps et al. (2003)* e *Giordano (2003)*, aventi caratteristiche molto diverse fra loro in termini di estensione, altitudine e per quanto concerne, in particolare, la presenza o meno della componente di deflusso di tipo nivoglaciale, sicuramente molto rilevanti nei bacini dell'Ayasse e del Chisone.

Lo schema concettuale utilizzato è quello a 2 serbatoi, uno a ritardo plurigiornaliero relativo alla falda sub-superficiale e l'altro a ritardo plurimensile, e relativo a falde a più lento rilascio. L'andamento della funzione di autocorrelazione campionaria, calcolata sui dati annuali, conferma, infatti, l'assenza di legami lineari che possano quanto meno far supporre la presenza di un terzo serbatoio con ritardo caratteristico superiore all'anno (*Claps et al., 1993*).

Senza entrare nel merito della bontà di stima del protocollo, per i dettagli del quale si rimanda agli esaurienti lavori di *Murrone et al. (1997)* e *Claps et al. (2003)*, è opportuno tenere in considerazione alcune anomalie, riscontrate nella fase di stima con input iniziale *f_{pot}*, relative ai bacini del Chisone a S. Martino e dell'Orco a Pont Canavese (Per la rassegna completa dei risultati si rimanda all'appendice A).

E' nota la maggior difficoltà con la quale il modello Shot Noise si adatta ai valori osservati in presenza del caratteristico andamento fortemente intermittente dell'input *fpot*. La procedura numerica è pertanto soggetta a maggior instabilità, e non sempre converge su risultati accettabili dal punto di vista prettamente concettuale. E' il caso dei bacini sopra elencati, per i quali, benché i parametri rientrino nei rispettivi campi di esistenza, k_2 risulta particolarmente elevato, assumendo valori anche superiori ai tre mesi. Ma l'aspetto forse più importante è che il modello, a stima ultimata, restituisce un integrale della funzione di risposta IUH del bacino lontano dal valore unitario (~ 0.77). Si deve ammettere, pertanto, che il tempo di ritardo k_2 , caratteristico delle componente di falda plurimensile, non sia del tutto compatibile con la finestra temporale stimata per l'intero IUH, ovvero che il tempo base della funzione di trasferimento non consenta il completo esaurimento del serbatoio a lento rilascio.

Per ovviare a tale inconveniente, e volendo nel contempo demandare definitivamente le responsabilità delle difficoltà di stima dello Shot Noise alle caratteristiche dell'input iniziale, si è optato per la soluzione di stima a parametro k_2 vincolato. Si impone infatti alla costante d'invaso in esame il rispetto della condizione:

$$k_2 = \frac{q}{n}$$

in cui q è il tempo base dell'IUH ed n una costante di proporzionalità.

Le applicazioni hanno dimostrato che, per $n > 3$ ed un utilizzo di una finestra temporale per l'IUH più ampia, se paragonata a quella ottenuta con il processo a k_2 non vincolato, si ottengono stime significative dei parametri, mentre, nel contempo, la condizione $\int_q h = 1$ risulta soddisfatta con sufficiente approssimazione ($\int h > 0.98$). Anche l'adattamento ai dati osservati subisce un sensibile miglioramento, quantificabile nell'ordine del 45%. Se infine si osserva che l'algoritmo di minimizzazione, in queste condizioni, è agevolato dal fatto che il numero di parametri incogniti passa da 4 a 3 (c_1, c_2 e k_1), si deve concludere che la bontà delle stime così ottenute risente principalmente delle caratteristiche dell'input utilizzato.

3.2 Verifica delle ipotesi iniziali sull'input finale

Si vuole verificare in che termini le serie finali dell'input, in uscita dal modello Shot Noise, rispettino le ipotesi del modello Poisson White Noise Exponential; si assume infatti che la serie delle occorrenze sia la realizzazione di un processo di Poisson, e che le entità di tali occorrenze siano indipendenti e distribuite secondo la legge esponenziale.

Sono stati utilizzati, a riguardo, i test statistici di Cunnane, Kendall e del χ^2 atti a verificare, il primo la poissonianità delle occorrenze, il secondo l'indipendenza degli impulsi ed il terzo l'eventuale distribuzione esponenziale dell'entità delle occorrenze.

I risultati, riportati in tabella, sono relativi a livelli d'accettazione α variabili, ed alla sola configurazione con input di primo tentativo *fspot*. L'input finale ottenuto con ingressi iniziali al sistema di tipo *impulse* non risulta infatti in grado di rispettare alcuna ipotesi.

Infine, il test di Cunnane è stato implementato per α costante e pari a 0.05

Cod	Bacini	$\alpha = 0.005$		$\alpha = 0.01$		$\alpha = 0.025$		$\alpha = 0.05$		
		Kendall	χ^2	Kendall	χ^2	Kendall	χ^2	Kendall	χ^2	Cunnane
2	Ayasse	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.
3	Borbera	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.
4	Bormida	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.
6	Chisone	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.
19	Orco	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.
25	Scrvia	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.
33	Tanaro	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.	NO	Verif.

Come si può osservare dai risultati non risulta soddisfatto il solo test sull'esponenzialità degli impulsi. Benché l'introduzione della procedura Filtered Peaks Over Threshold (FPOT) abbia consentito il rispetto di due ipotesi iniziali sulle tre previste, quella relativa alla distribuzione esponenziale dell'entità degli impulsi non risulta facilmente controllabile.

In ultima analisi, considerando i vincoli a cui è già stata assoggettata la serie dell'input *fspot*, si è preferito non affrontare, per ora, ulteriori studi a riguardo, adottando ugualmente la distribuzione esponenziale per la serie degli impulsi.

Analogamente, anche qualora si consideri l'eventualità di un input distribuito secondo la distribuzione gamma (Murrone, 1993), i test non forniscono esito positivo, fuorché il test di Von Mises relativo al bacino dello Scrivia a Serravalle.

3.3 Serie sintetiche dei deflussi

Per verificare l'efficienza del modello in termini di riproduzione delle caratteristiche statistiche delle serie osservate è necessario generare serie sintetiche di deflussi.

Occorre, pertanto, riprodurre il processo degli input netti stimati, utilizzando le relazioni discusse al paragrafo 2; successivamente si applica la convoluzione tra l'input e la funzione di risposta del bacino, stimata in precedenza. Sulle serie così ottenute, di lunghezza pari a 50-100 volte la lunghezza della serie originaria, si determinano le caratteristiche da confrontare con quelle della serie originaria.

Per disporre di un quadro quanto più preciso delle potenzialità del modello di generazione, si sono utilizzate le seguenti statistiche di confronto tra le serie osservate e generate:

- *media, deviazione standard e coefficiente di asimmetria*; sono state calcolate sia per l'input sia per i deflussi. Per generazioni con parametri stagionali, le grandezze sono state calcolate con riferimento alle durate stesse delle stagioni utilizzate in fase di stima; infine si sono valutate le riproduzioni delle statistiche sui 12 mesi dell'anno;
- rappresentazione su *carta probabilistica di Gumbel* della serie dei *massimi annui*;
- *curva di durata delle portate*;
- andamento delle *autocorrelazioni* seriali per lag temporali k di 7 e 365 giorni;
- *volumi massimi e minimi medi annui* ottenuti "integrando" le serie storiche delle portate su finestre temporali di l giorni;
- *curva di frequenza dei volumi minimi, medi e massimi annui* ottenuti "integrando" le serie storiche delle portate su finestre temporali di l giorni.

Si è pensato, infine, di introdurre alcuni indici sintetici di "performance" calcolati in termini di scarto quadratico medio tra le curve di riferimento.

In particolare, sono state oggetto di indagine:

- le curve di durata delle portate, dalle quali è stato ricavato il "Performance Index"

definito come $P_{INDEX} = 1 - \frac{sqm^{OSS-GEN(RIC)}}{std(q_{OSS})}$ in cui, con il termine $sqm^{OSS-GEN(RIC)}$ si

intende lo scarto quadratico medio calcolato tra le curve di durata delle portate osservate e generate - osservate e ricostruite. Si ricorda che per "ricostruite" si intendono quelle portate ottenute per convoluzione tra input finale e funzione di risposta totale (IUH) in uscita dallo Shot Noise;

- i massimi annui con assegnato tempo di ritorno; sulle serie dei deflussi osservati, ricostruiti e generati sono calcolati i parametri delle relative distribuzioni asintotiche

del massimo valore del I tipo (distribuzione di Gumbel). Si stimano, quindi, i termini \hat{q}_T^{OSS} , \hat{q}_T^{RIC} e \hat{q}_T^{GEN} dei deflussi in riferimento alla probabilità di non superamento $P^{OSS} = P^{RIC} = P^{GEN} = P$ relativa ad un assegnato tempo di ritorno T pari a 30 anni; l'”Indice dei massimi annui” è infine calcolato secondo la relazione:

$$Q_{INDEX} = 1 - \frac{|\hat{q}_T^{OSS} - \hat{q}_T^{GEN, RIC}|}{\hat{q}_T^{OSS}}$$

- le curve delle autocorrelazioni per k = 365: in maniera analoga al “Performance Index” si definisce l'”Indice di Autocorrelazione” come:

$$A_{INDEX} = 1 - \frac{sqm^{OSS-GEN(RIC)}}{std(r_{OSS})}$$

in cui, però, anziché alle serie dei deflussi, i termini

$sqm^{OSS-GEN(RIC)}$ e $std(r_{OSS})$ sono riferiti alle curve di autocorrelazione campionaria.

In appendice B sono riportati i risultati delle applicazioni ai 7 bacini oggetto di studio.

4. Conclusioni

Le serie storiche delle portate relative a 7 bacini piemontesi sono state analizzate con un approccio statistico concettualmente basato di tipo Poisson White Noise Exponential (Shot Noise Model).

Le stime fornite dal modello sono servite quali dati di ingresso per un secondo modello, finalizzato alla generazione di serie sintetiche dei deflussi. La procedura prevede un primo modulo con il quale vengono generate le serie sintetiche delle piogge di durata voluta, ed un secondo in cui tali input vengono “trasformati” in deflussi tramite convoluzione con la funzione di risposta caratteristica del bacino.

L'utilizzo di parametri stagionali comporta senza dubbio un sensibile miglioramento in fase di generazione; in particolare risulta indispensabile il ricorso alla stagionalità nella configurazione del modello con input iniziale *impulse*. Il modello con input *fpot* ha invece fornito buoni risultati già nella configurazione con parametri annuali, confermando, in presenza della stagionalità, ottime capacità di riproduzione delle statistiche dei deflussi. Si sottolinea, a tal proposito, la capacità presentata dal modello nel riprodurre, spesso in maniera più che soddisfacente, l'asimmetria tipica delle serie idrologiche. Tale aspetto risulta degno di nota se si considera il fatto che il modello di generazione, essendo a due parametri, non vincola a priori la corretta riproduzione del momento del terz'ordine.

Le applicazioni hanno dimostrato, infine, come le curve di autocorrelazione campionaria valutate sulle serie sintetiche delle portate rappresentino un indice significativo del grado di performance raggiunto dall'intero protocollo (simulazione e generazione). Si osserva infatti che l'adattamento tra le curve osservate e generate è in linea generale migliore per quei bacini per i quali il modello Shot Noise era stato in grado di valutare in maniera robusta le componenti da bacino (IUH). Con robuste si intendono quelle stime che presentano termini significativi di varianza spiegata, che hanno soddisfatto del tutto la condizione sull'integrale della funzione di risposta e per le quali non si sono osservati particolari fenomeni di instabilità numerica.

La disponibilità di un sufficientemente numero di osservazioni è condizione indispensabile per analisi idrologiche con approccio puramente statistico. Qualora non si possa soddisfare tale requisito, il ricorso all'utilizzo dei modelli sviluppati nel seguente lavoro rappresenta una valida alternativa agli approcci tradizionali, in particolar modo nella configurazione *fpot*.

Bibliografia

- Battaglia, F. (1986), “Modelli stocastici per la rappresentazione e la previsione dei deflussi”, Dipartimento di Statistica, probabilità e statistiche applicate, Quaderno n. 3, Università di Roma "La Sapienza".
- Claps P., F. Rossi e C. Vitale (1993), “Conceptual – stochastic modeling of seasonal runoff using Autoregressive Moving Average Models e different scales of aggregation”, *Water Resources Research*, 29(8),2545-2559.
- Claps P. e F. Laio (2003), “Can continuous streamflow data support flood frequency analysis? An alternative to the Partial Duration Series approach”, submitted to *Water Resources Research*.
- Claps P., Laio F. e Giordano A. (2003), “Simulazione stocastica dei deflussi giornalieri: metodi di determinazione inversa di pioggia efficace e relative proprietà statistiche”, Giornata di studio “Metodi statistici e matematici per l’analisi delle serie idrologiche”, Roma. In: D. Piccolo e L. Ubertini (a cura di), Pubblicazione CNR-GNDICI n° 2818, 129-144.
- Eagleson, P. S. (1978), “Climate, soil, e vegetation: 2. The distribution of annual precipitation derived from observed storm sequences”. *Water Resources Research*, 14(5), 713-721.
- Giordano, A. (2003), “Analisi stocastica dei deflussi dei bacini piemontesi”, Tesi di Laurea, II Facoltà del Politecnico di Torino, Vercelli, Italia.
- Murrone, F. (1993), “Modelli stocastici puntuali dei deflussi fluviali”, Tesi di dottorato di ricerca in Ingegneria Idraulica, Università degli Studi di Napoli "Federico II", 208 pp..
- Murrone, F., F. Rossi e P. Claps, (1997), “Conceptually-based Shot Noise modelling of streamflows at short time interval”, *Stochastic Hydrology e Hydraulics*, 11(6), 483-510.

Appendice A

Risultati dell'applicazione del modello di stima dei parametri di bacino

Configurazione a 2 serbatoi in parallelo, con input di primo tentativo "impulse" e corredato del processo di deconvoluzione.

Modello Shot Noise con input iniziale <i>impulse</i>									
Cod	Bacino	Parametri					t _{base} IUH q(gg)	Var. spieg. R ²	∫ h
		c ₀	c ₁	c ₂	k ₁	k ₂			
2	<i>Ayasse</i>	0,055	0,081	0,864	1,2	19,7	134	0,89	0,999
3	<i>Borbera</i>	0,097	0,197	0,706	2,4	53,6	353	0,88	0,999
4	<i>Bormida</i>	0,124	0,482	0,394	2,2	55,8	335	0,90	0,999
6	<i>Chisone</i>	0,062	0,282	0,657	6,3	220,0	1428	0,82	0,999
19	<i>Orco</i>	0,100	0,185	0,715	2,1	61,9	255	0,85	0,988
25	<i>Scrivia</i>	0,120	0,338	0,542	2,0	43,7	276	0,92	0,999
33	<i>Tanaro</i>	0,095	0,253	0,651	2,0	135,3	878	0,87	0,999

Configurazione a 2 serbatoi in parallelo, con input di primo tentativo "fpot" e privo del processo di deconvoluzione.

Modello Shot Noise con input iniziale <i>fpot</i>									
Cod	Bacino	Parametri					t _{base} IUH q (gg)	Var. spieg. R ²	∫ h
		c ₀	c ₁	c ₂	k ₁ (gg)	k ₂ (gg)			
2	<i>Ayasse</i>	0,051	0,168	0,782	7,0	32,5	133	0,64	0,987
3	<i>Borbera</i>	0,085	0,190	0,725	3,3	76,3	500	0,75	0,999
4	<i>Bormida</i>	0,124	0,381	0,495	2,5	89,1	550	0,73	0,999
6	<i>Chisone</i>	0,034	0,107	0,859	5,1	126,2	170	0,35	0,778
19	<i>Orco</i>	0,045	0,106	0,849	3,2	134,2	175	0,36	0,771
25	<i>Scrivia</i>	0,116	0,281	0,602	2,7	56,9	365	0,80	0,999
33	<i>Tanaro</i>	0,094	0,207	0,699	2,9	205,7	1350	0,70	0,999

Modello Shot Noise con input iniziale <i>fpot</i> e k₂ vincolato a q/6										
Cod	Bacino	Parametri						t _{base} IUH q (gg)	Var. spieg. R ²	∫ h
		c ₀	c ₁	c ₂	k ₁ (gg)	k ₂ (gg)	n*			
6	<i>Chisone</i>	0,043	0,137	0,820	5,1	126,0	6	760	0,49	0,998
19	<i>Orco</i>	0,057	0,133	0,810	3,1	135,0	6	810	0,55	0,998

* Fattore di proporzionalità relativo alla relazione $k_2 = q/n$

Appendice B

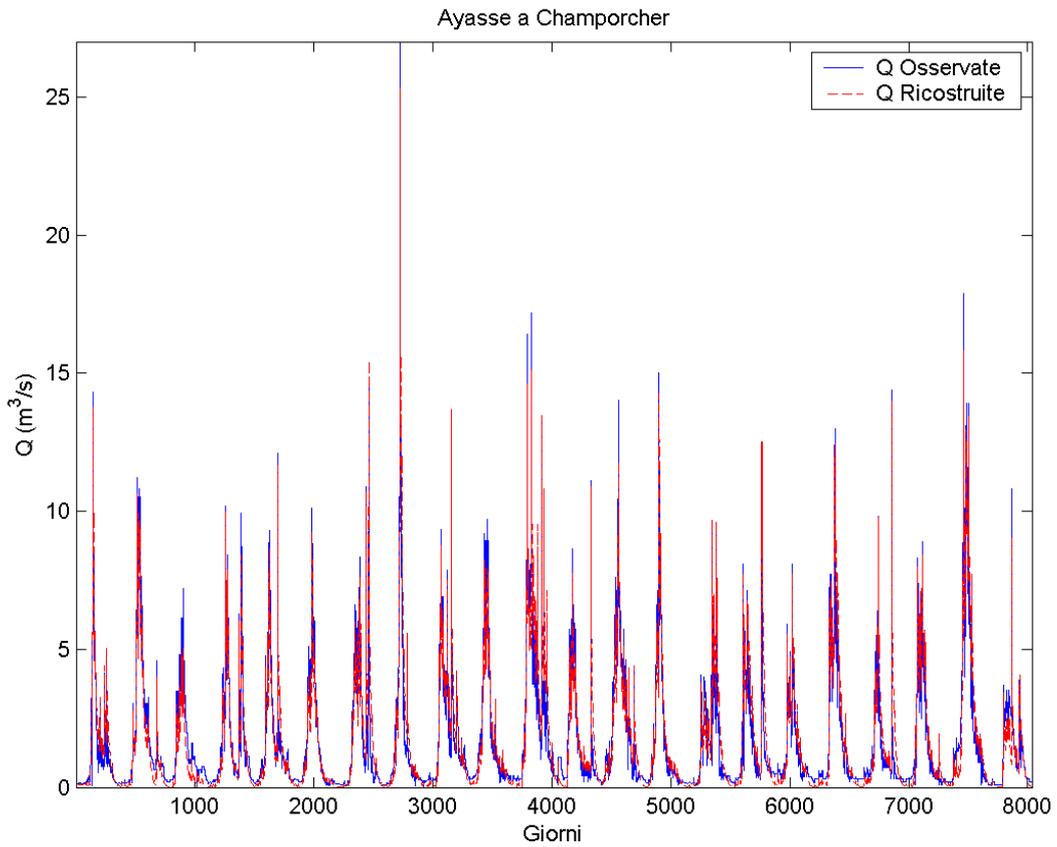
Risultati dell'applicazione del protocollo "Simulinput"

B.1 Ayasse a Champorcher

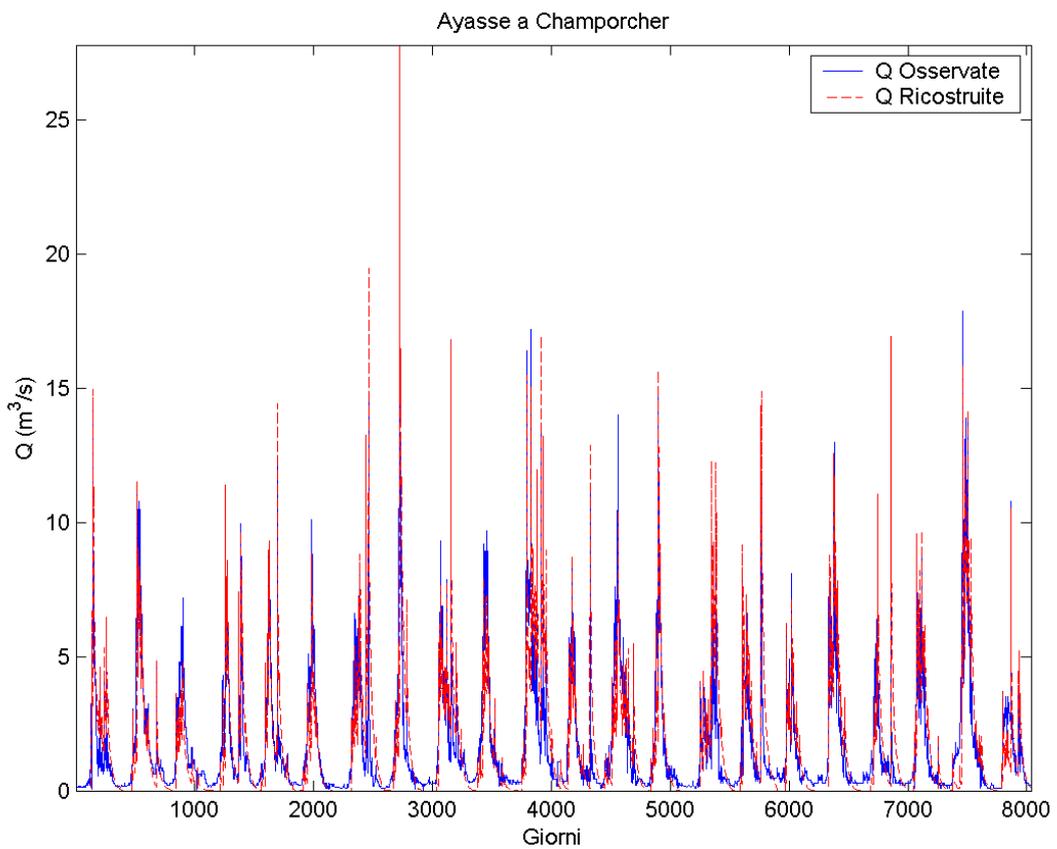
B.1.1 Parametri del modello Shot Noise

Shot Noise con input iniziale <i>impulse</i>	Shot Noise con input iniziale <i>spot</i> *
Cod.: 2	Cod.: 2
Bacino: Ayasse a Champorcher	Bacino: Ayasse a Champorcher
$R^2 = 0.8925$	$R^2 = 0.6420$
Int h = 0.9871	Int h = 0.9871
-----	-----
PARAMETRI modello "SHOT NOISE"	PARAMETRI modello "SHOT NOISE"
-----	-----
c0 (-)	c0 (-)
0.0549	0.0508
c1 (-)	c1 (-)
0.0808	0.1676
c2 (-)	c2 (-)
0.8644	0.7816
k1 (gg)	k1 (gg)
1.1557	6.9673
k2 (gg)	k2 (gg)
19.6532	32.5098
-----	-----
RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 134	RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 133

* si intende privo del processo di deconvoluzione



Serie dei deflussi "ricostruiti". Stime effettuate con input iniziale "impulse"



Serie dei deflussi "ricostruiti". Stime effettuate con input iniziale "fpot"

B.1.2 Serie sintetiche

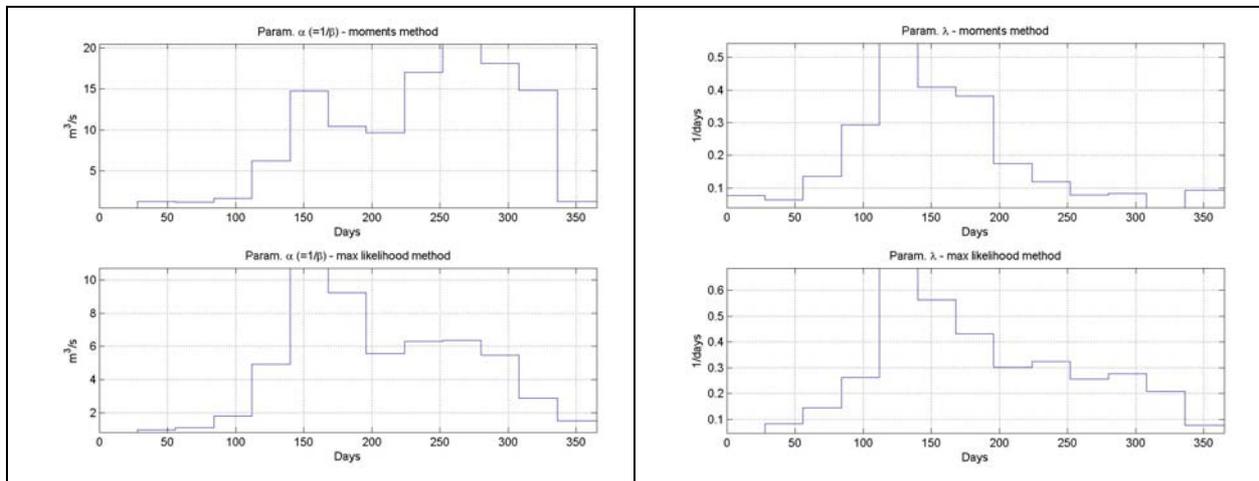
- Parametri del modello di generazione

Bacino: Ayasse a Champorcher
 Tipo input iniziale: impulse

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.1326
 alfa = 12.5683

Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".



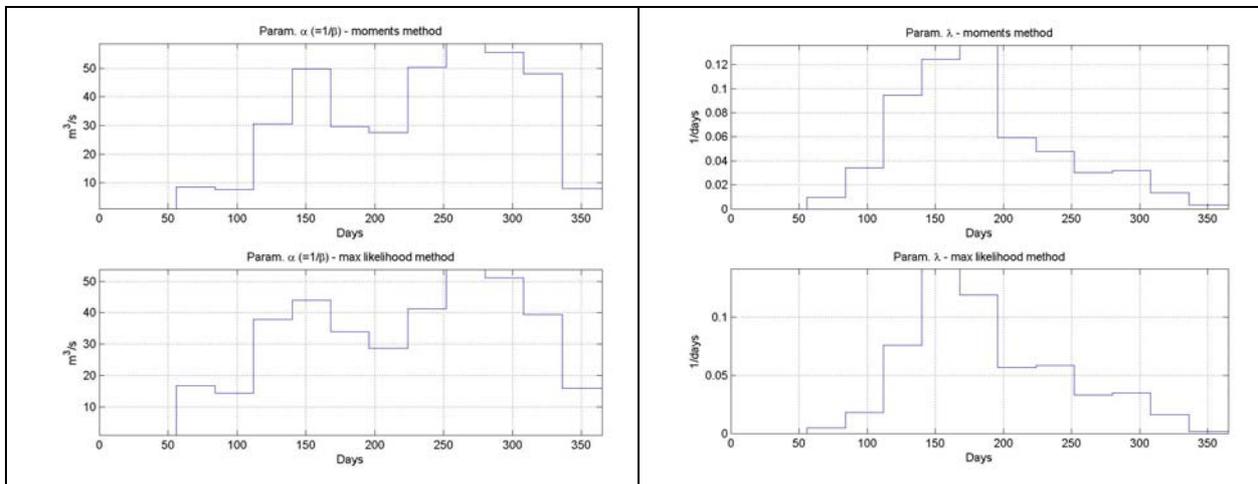
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".

Bacino: Ayasse a Champorcher
 Tipo input iniziale: fpot

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0394
 alfa = 42.2750

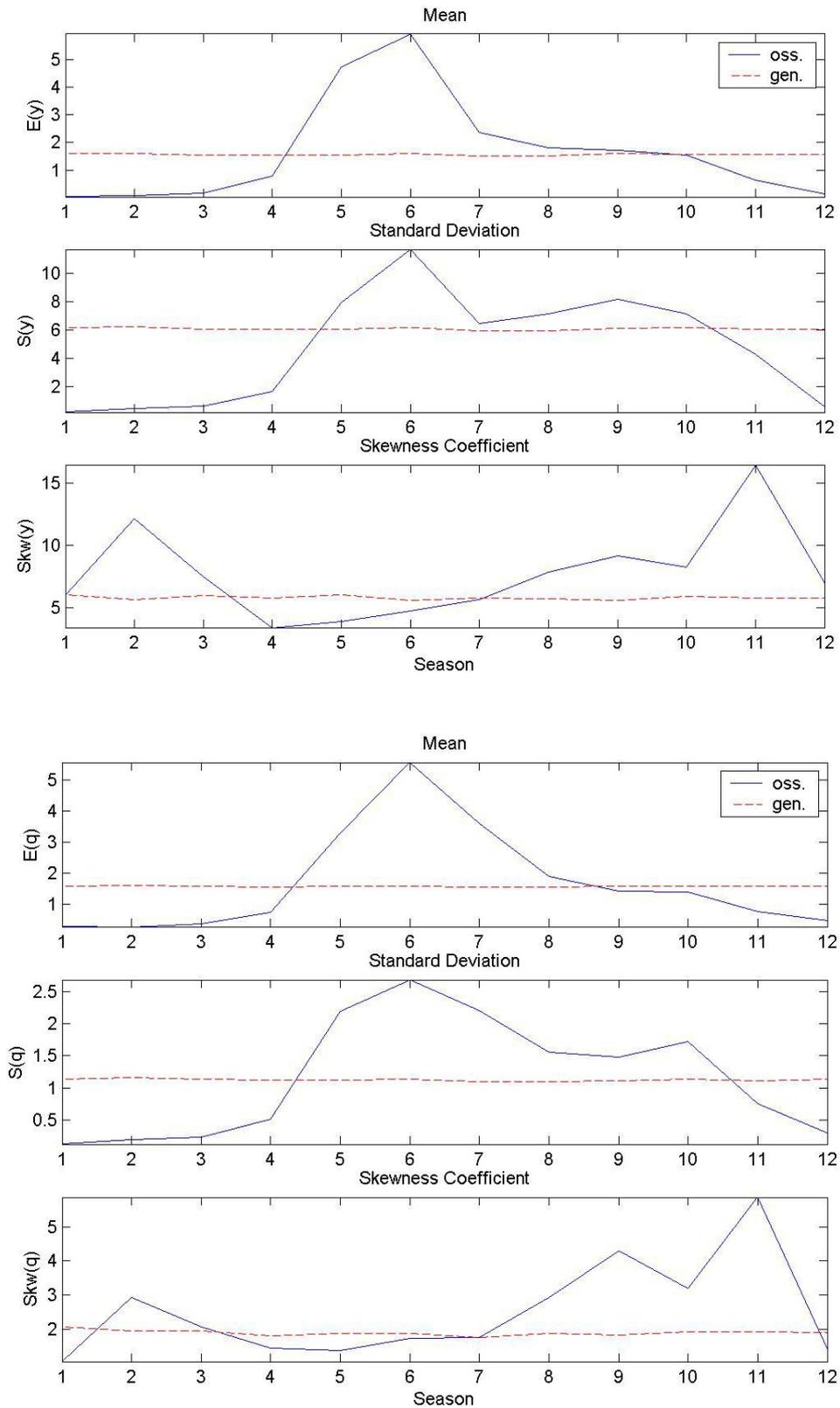
Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".



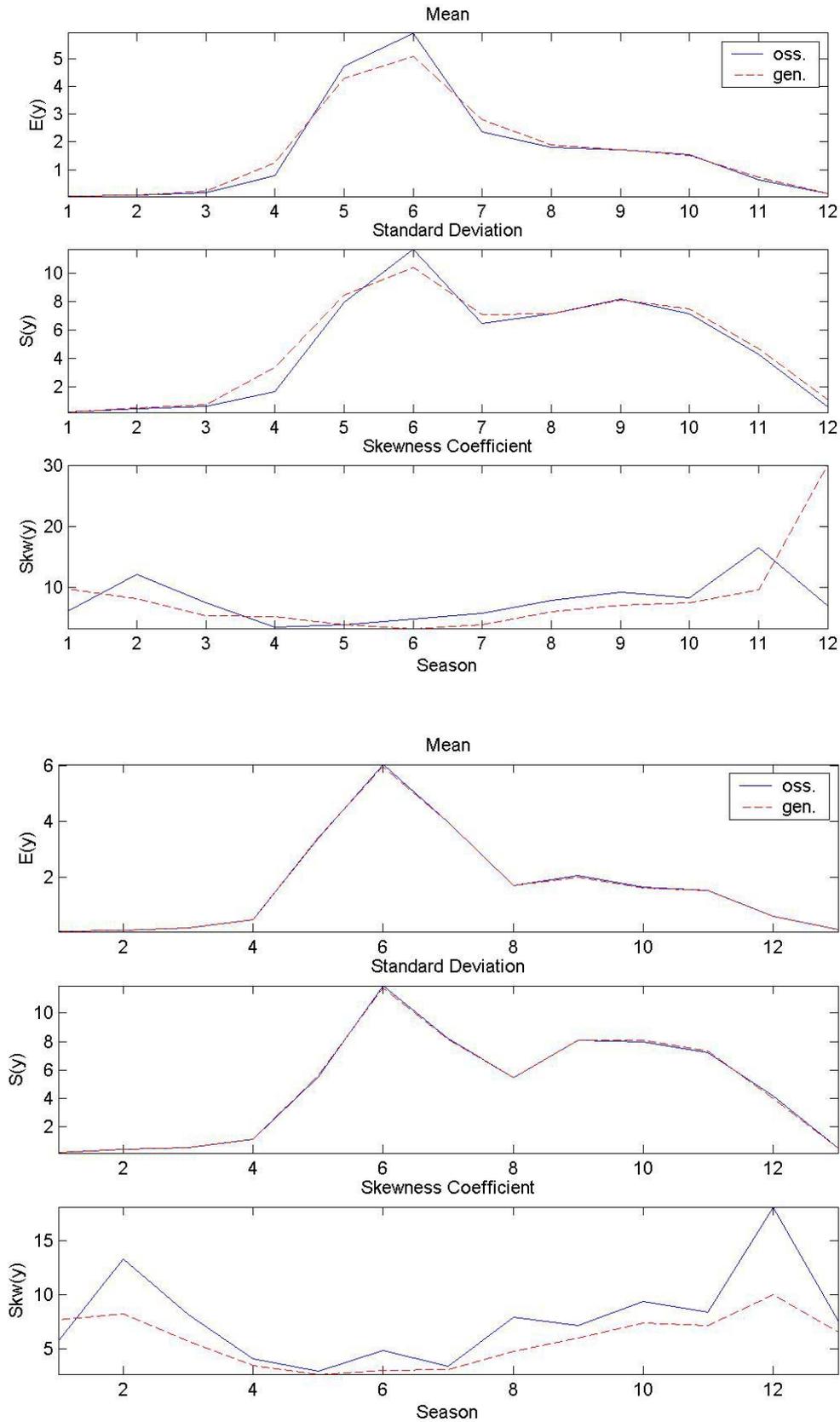
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".

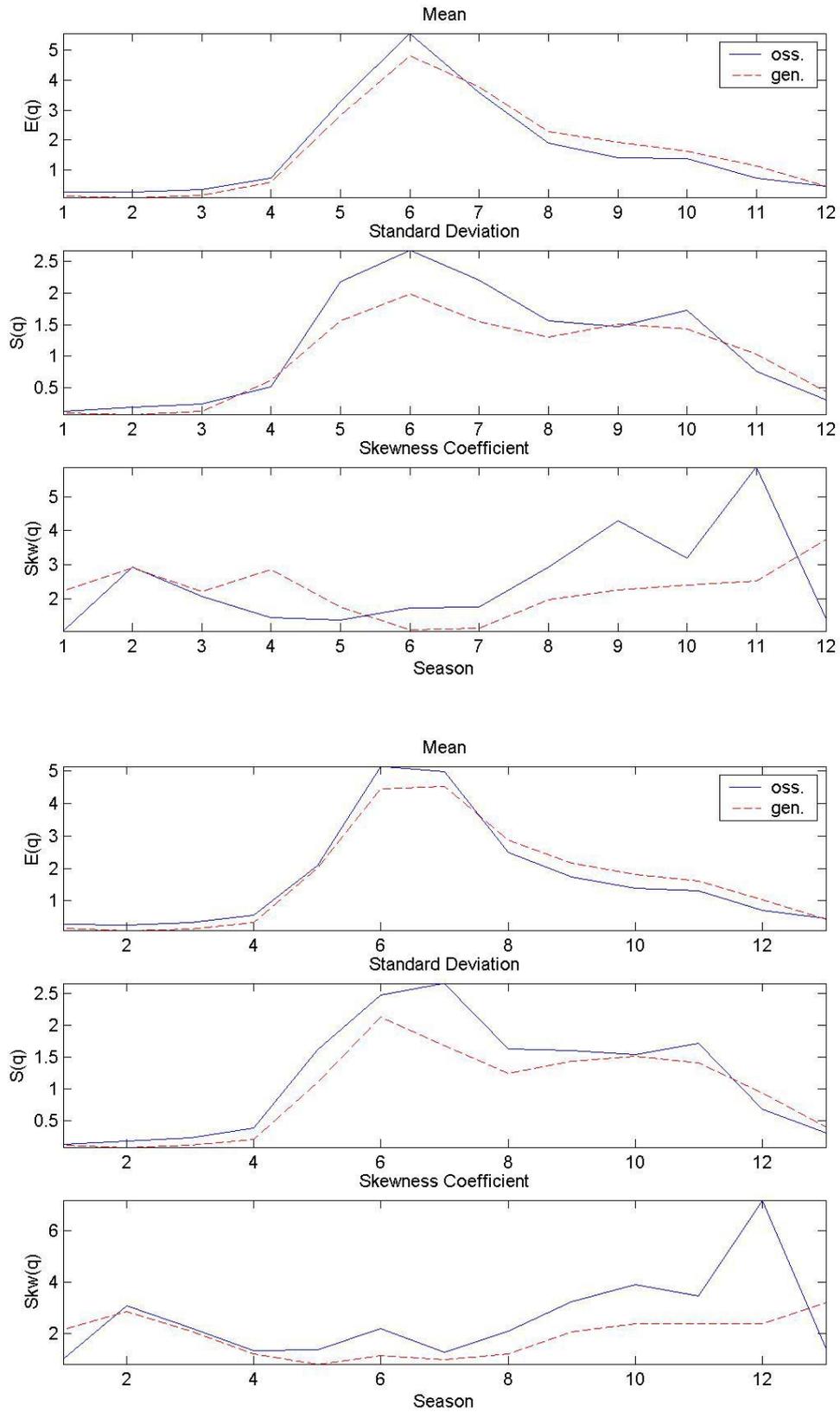
- Statistiche a confronto delle serie osservate e generate

Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.

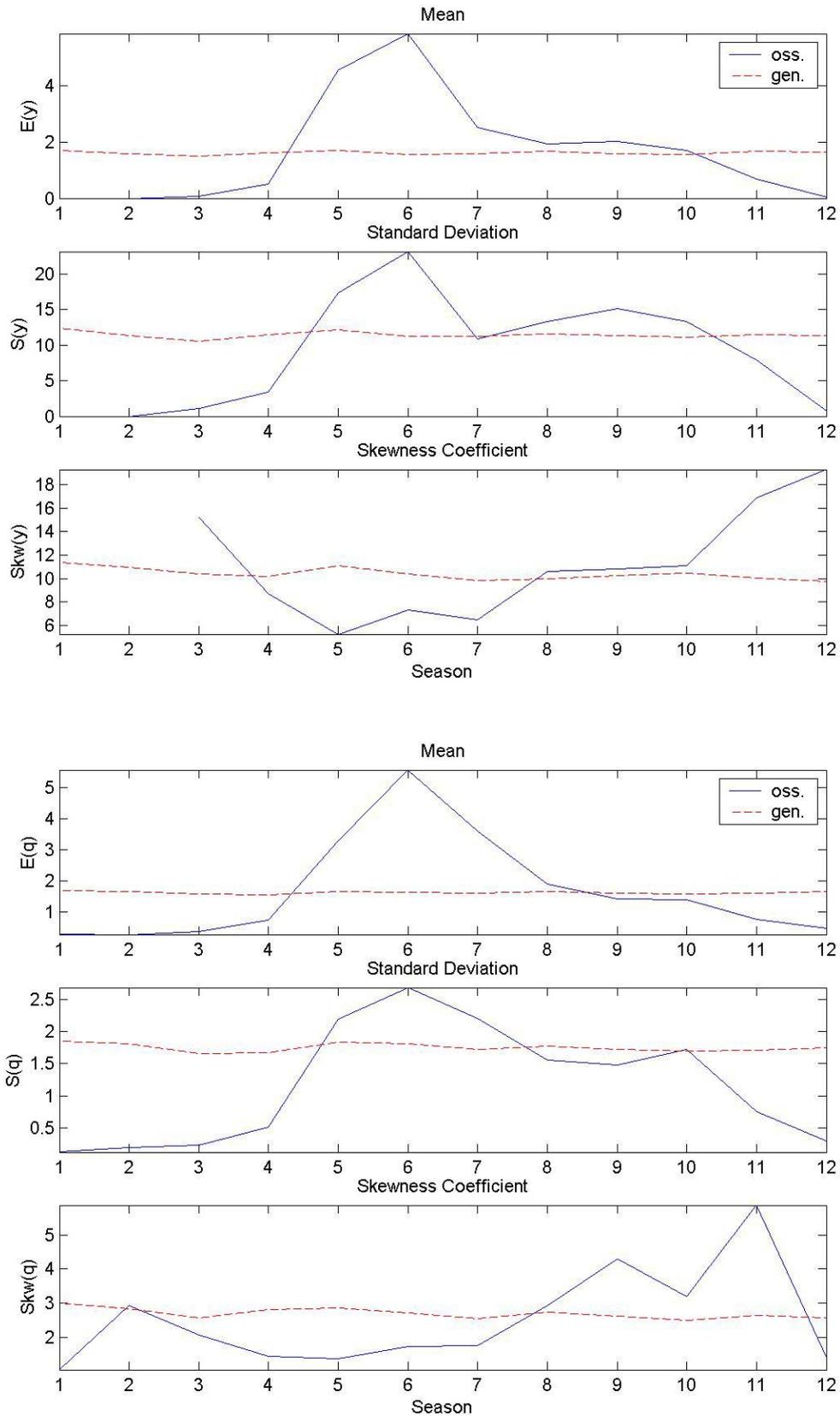


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.

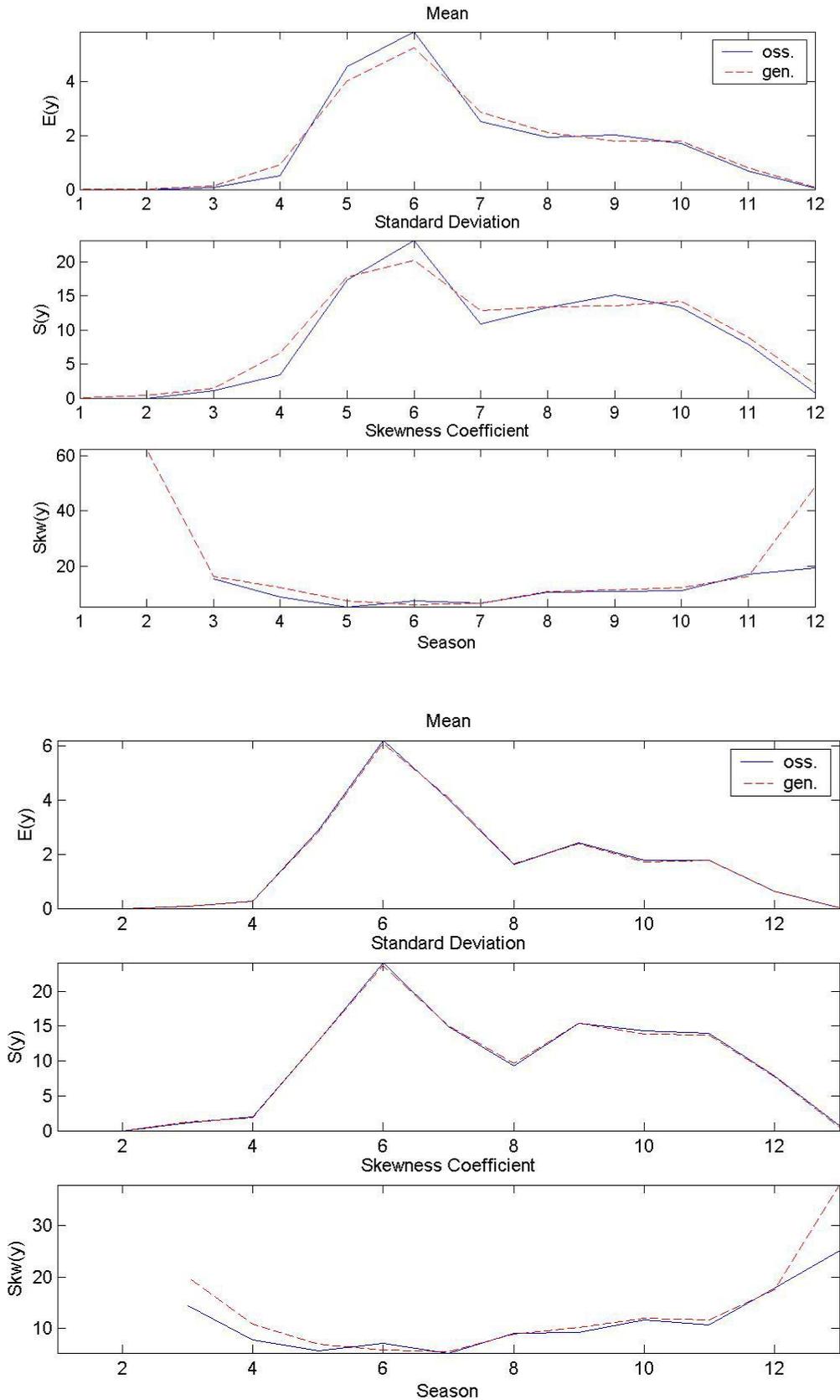


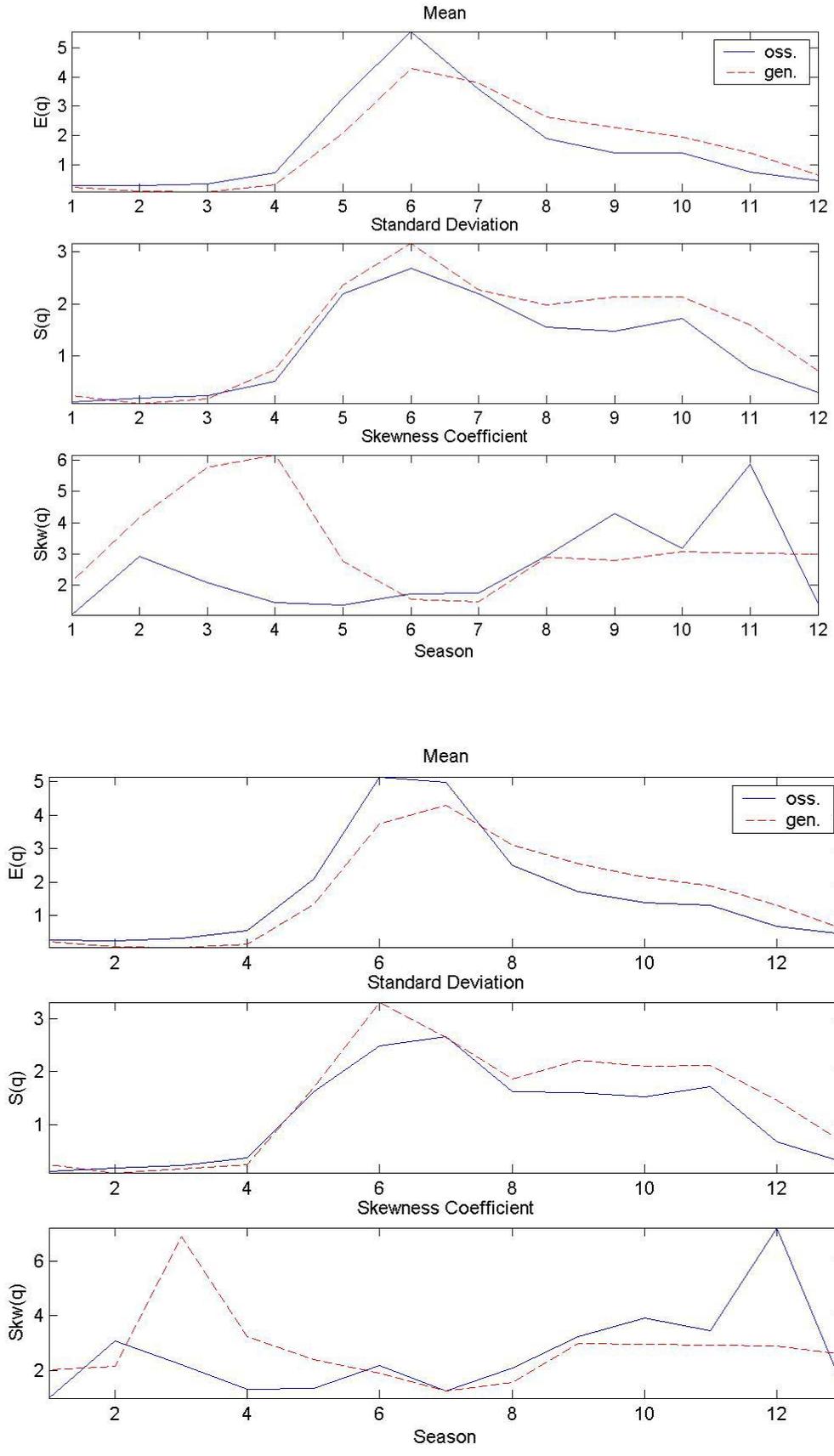


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.



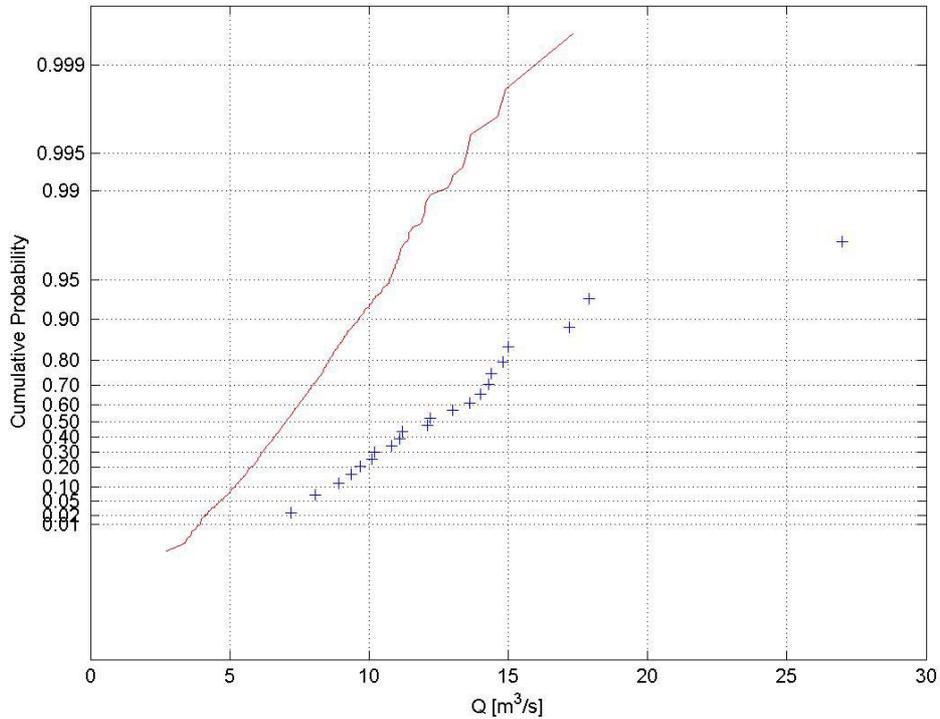
Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.



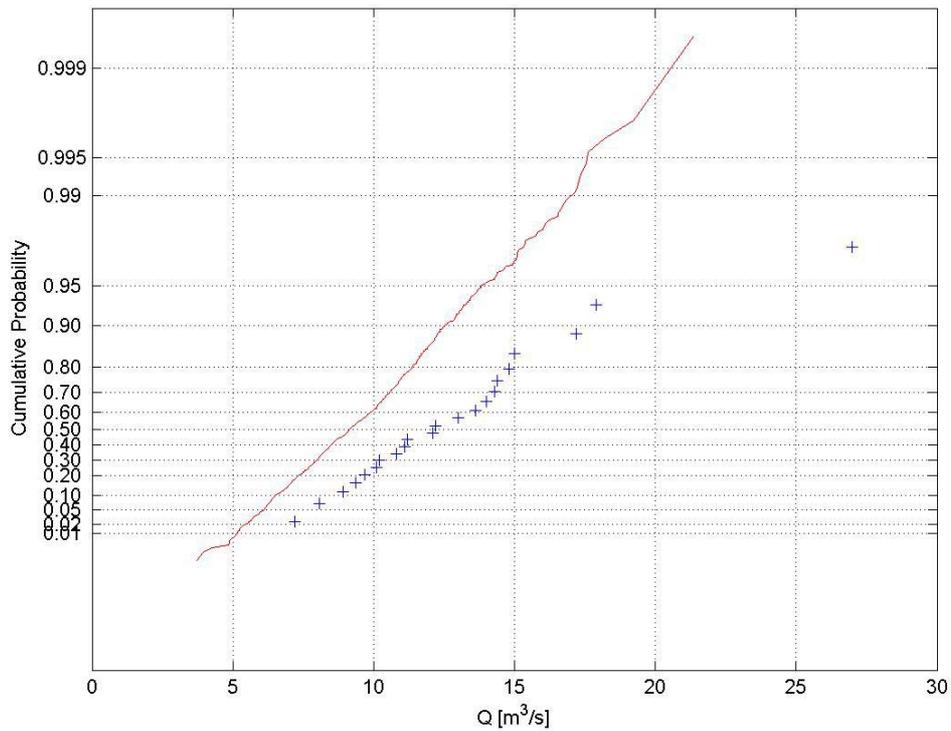


- Serie dei massimi annui su carta probabilistica di Gumbel

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)

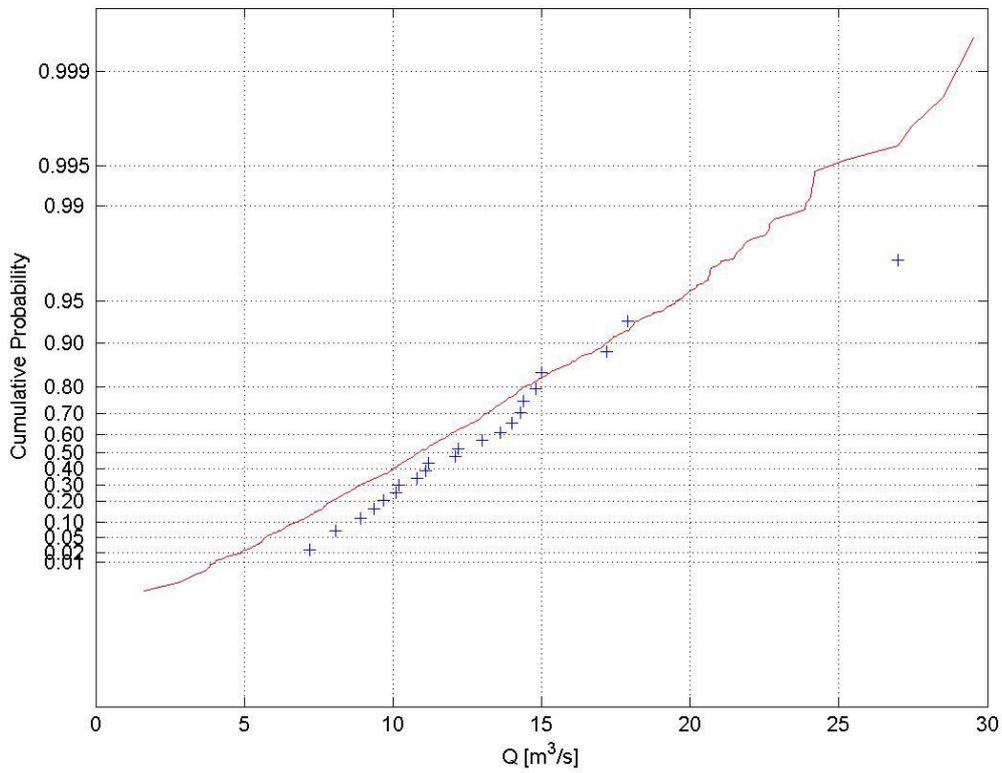


Caso annuale

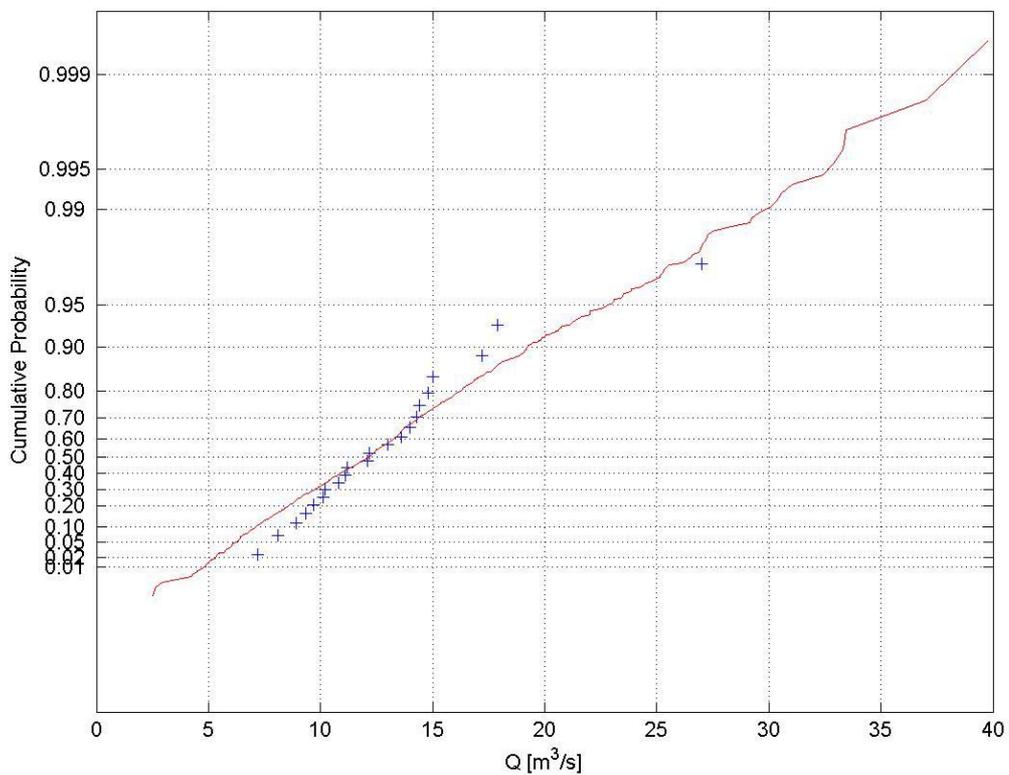


Caso stagionale

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)



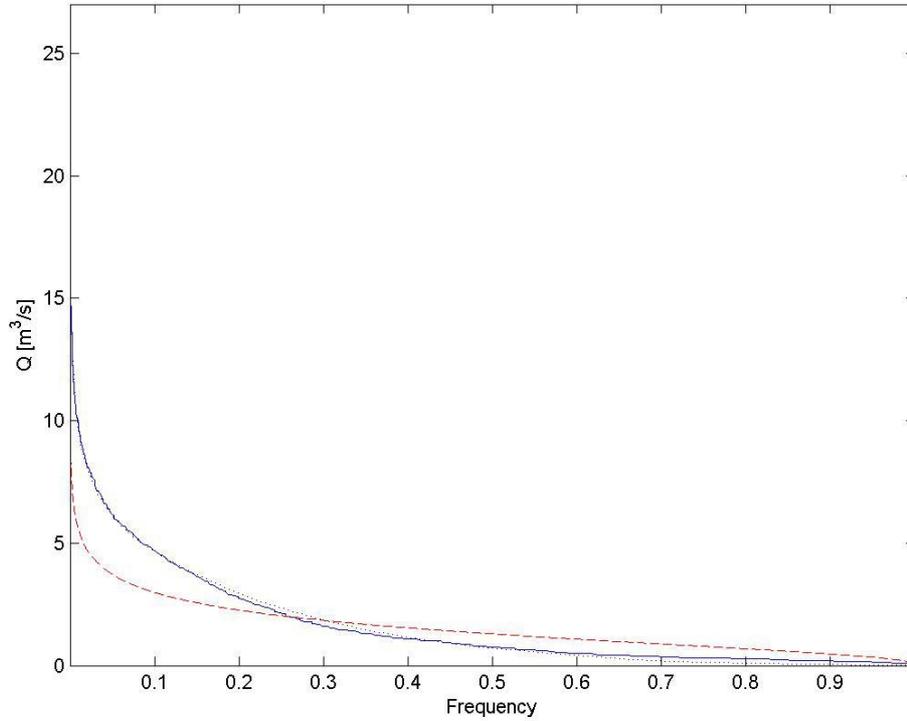
Caso annuale



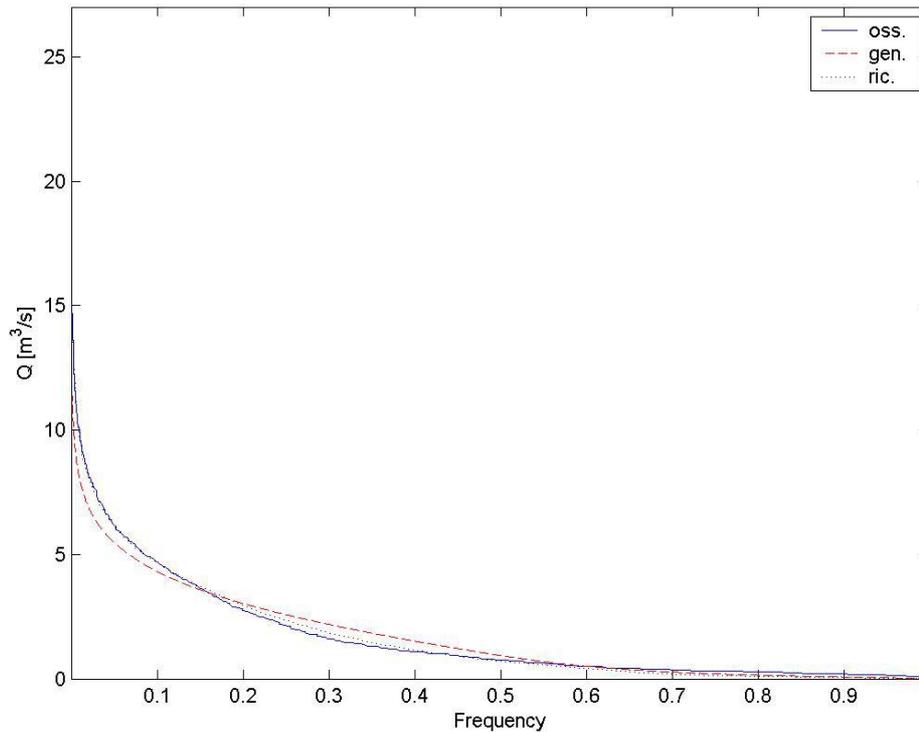
Caso stagionale

- Curva di durata delle portate

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate e puntinata per le ricostruite)

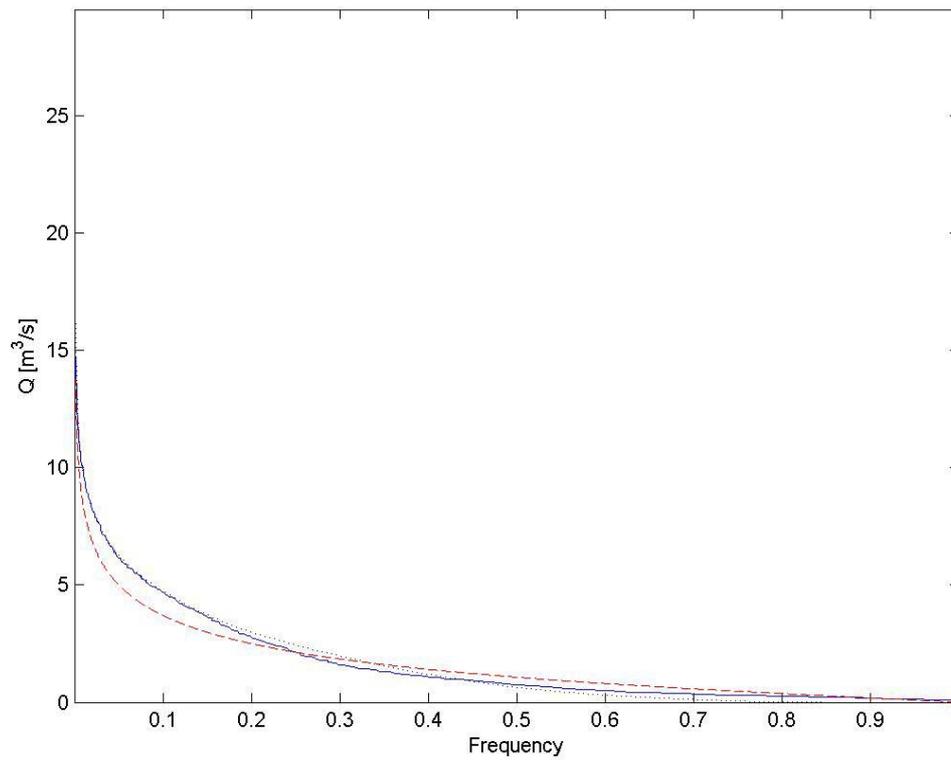


Caso annuale

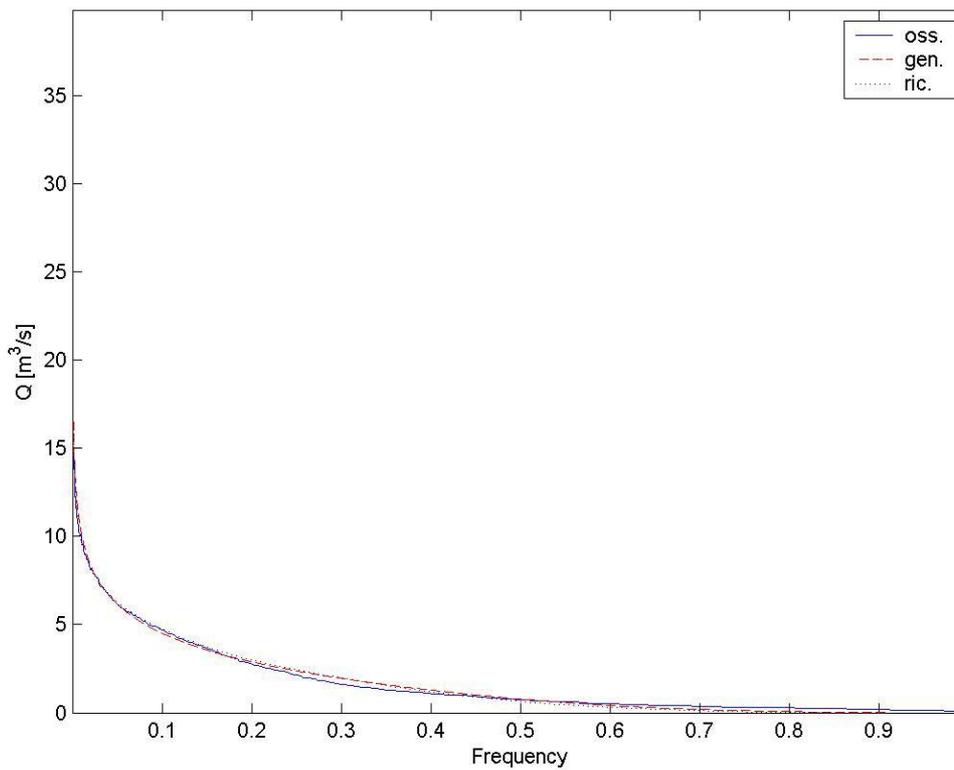


Caso stagionale

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot".

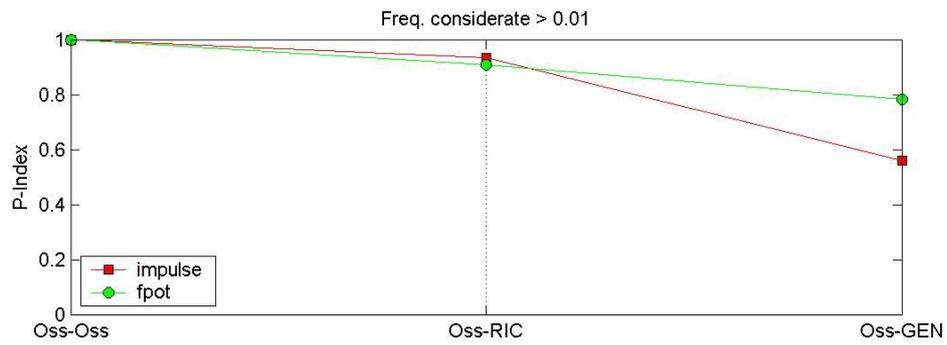
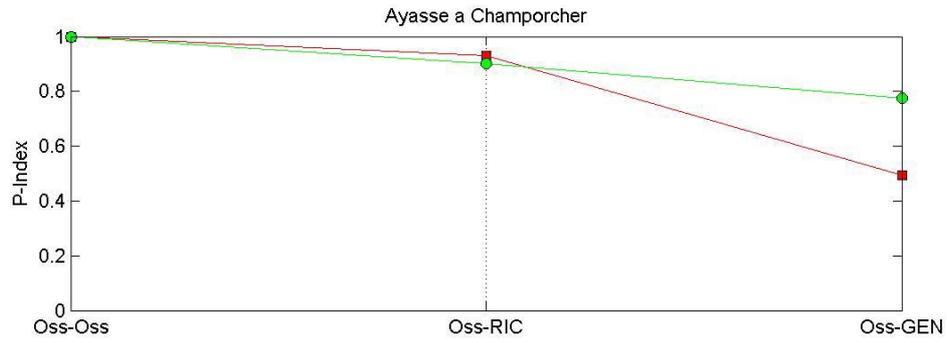


Caso annuale

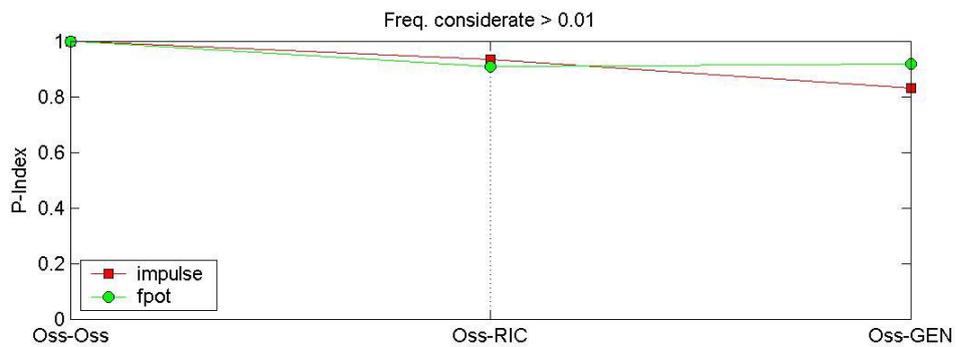
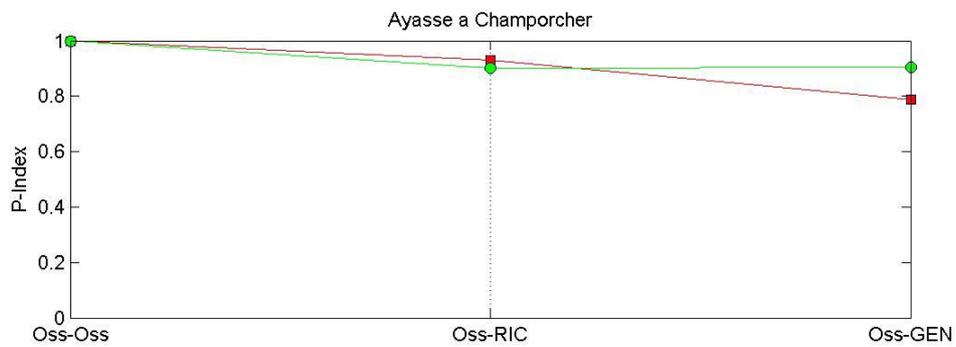


Caso stagionale

- Performance Index P_{INDEX}

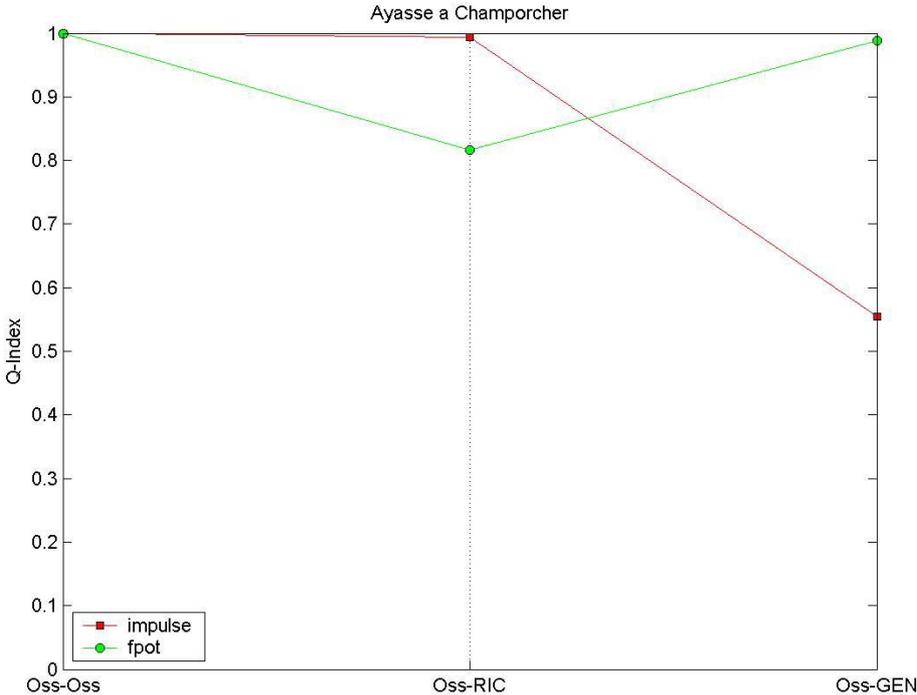


Caso annuale

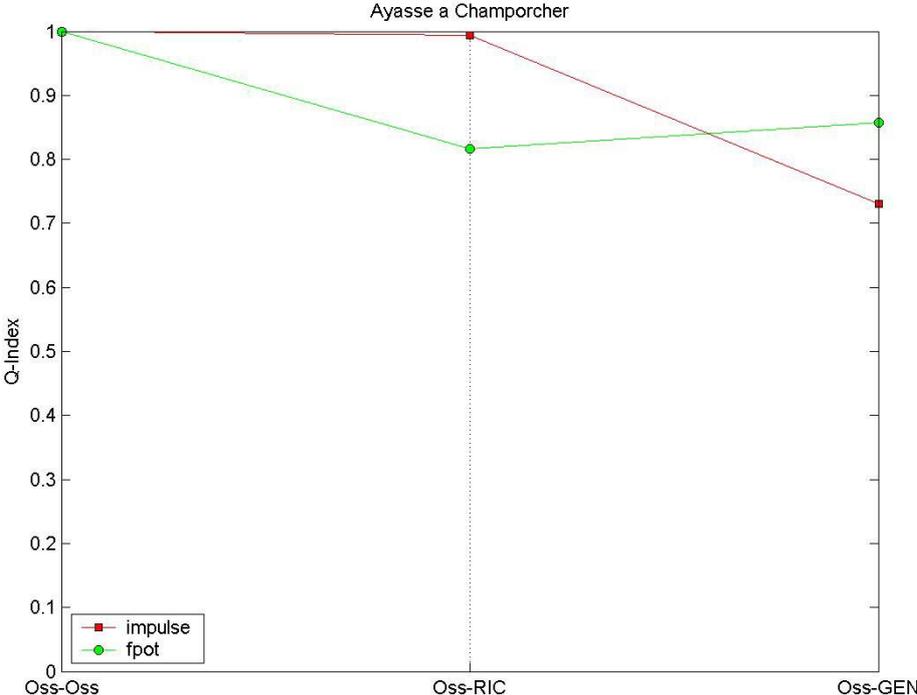


Caso stagionale

- Indice dei massimi annui Q_{INDEX}



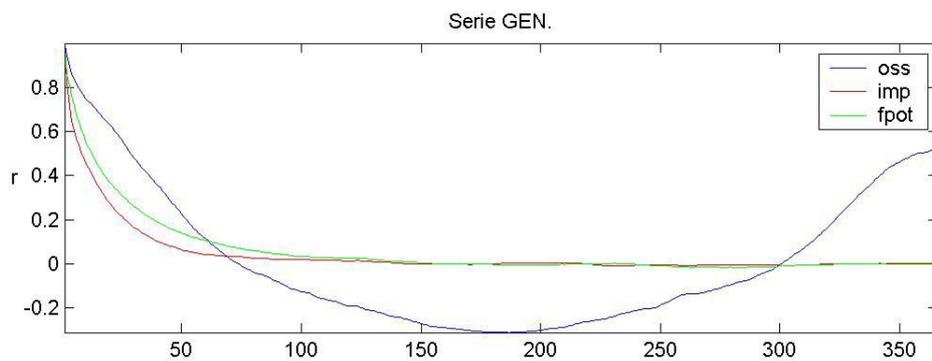
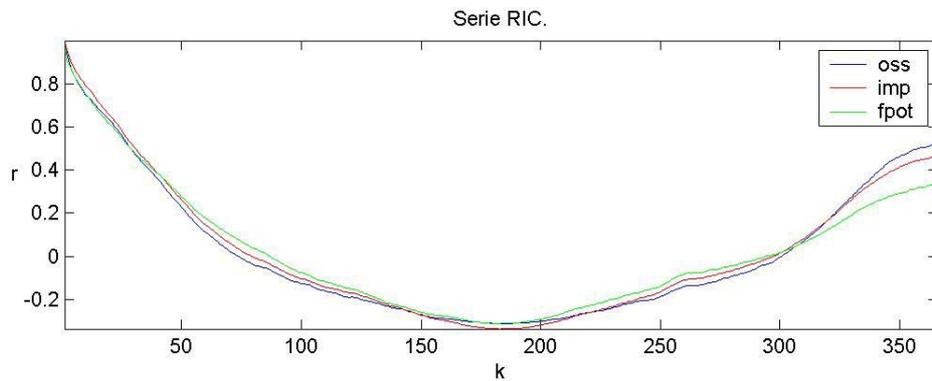
Caso annuale



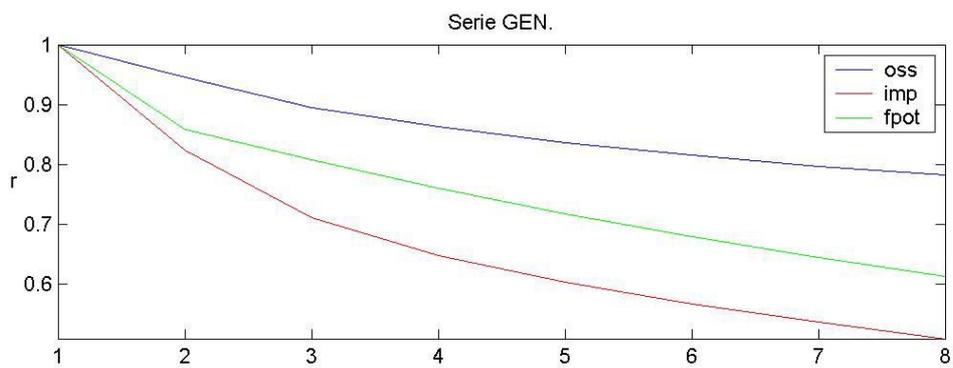
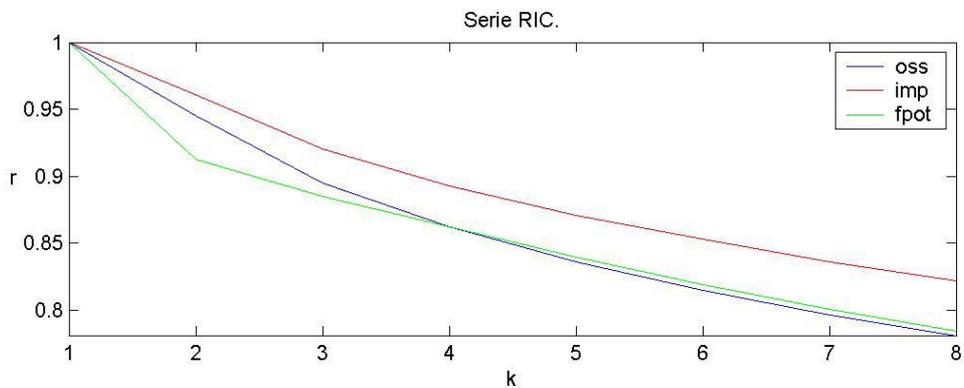
Caso stagionale

- Autocorrelazioni

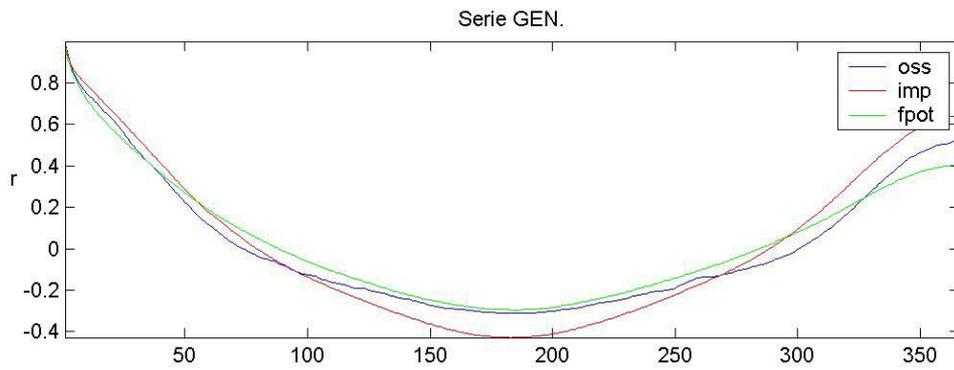
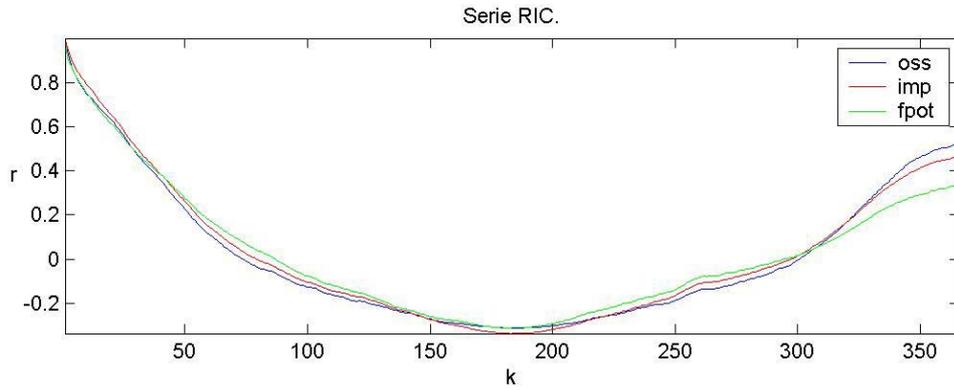
Curve di autocorrelazione dei deflussi valutate per k pari a 365 e 7 giorni. I deflussi sono calcolati a partire dai due tipi di input, quello relativo a parametri annuali e quello generato con parametri stagionali di 28 giorni.



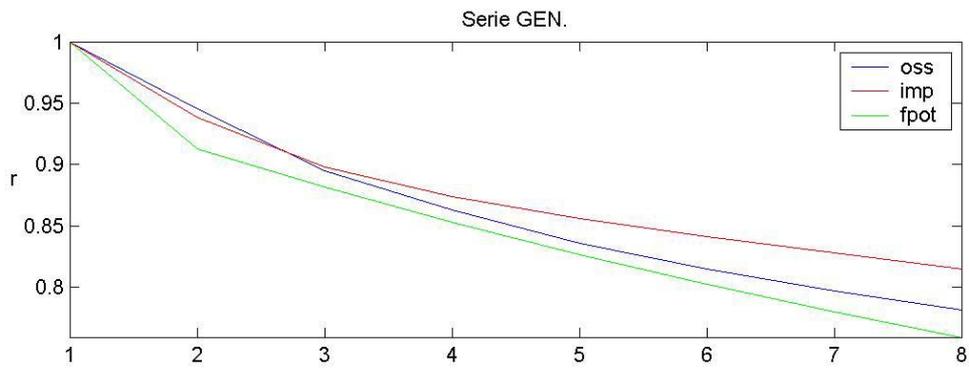
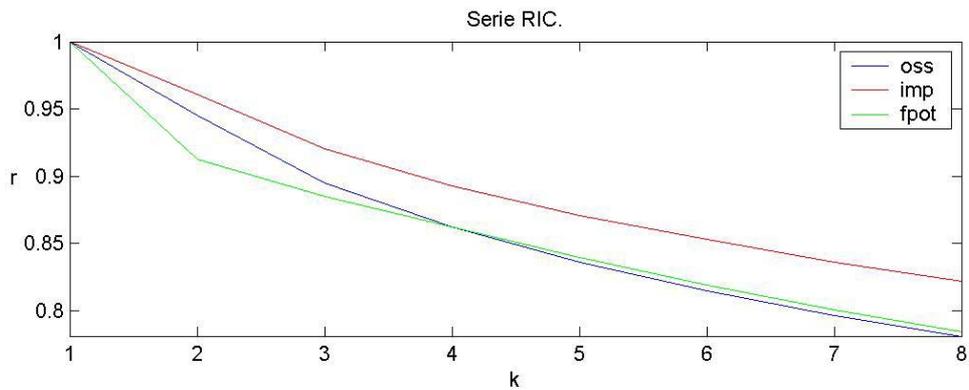
Caso annuale, $k = 365$ gg



Caso annuale, $k = 7$ gg



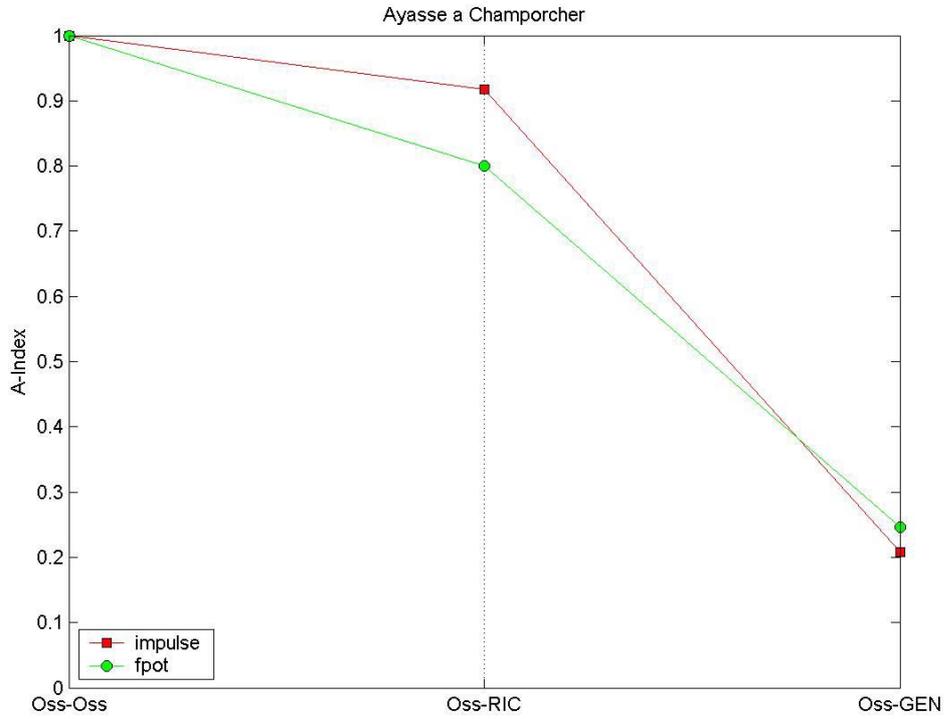
Caso stagionale, $k = 365$ gg



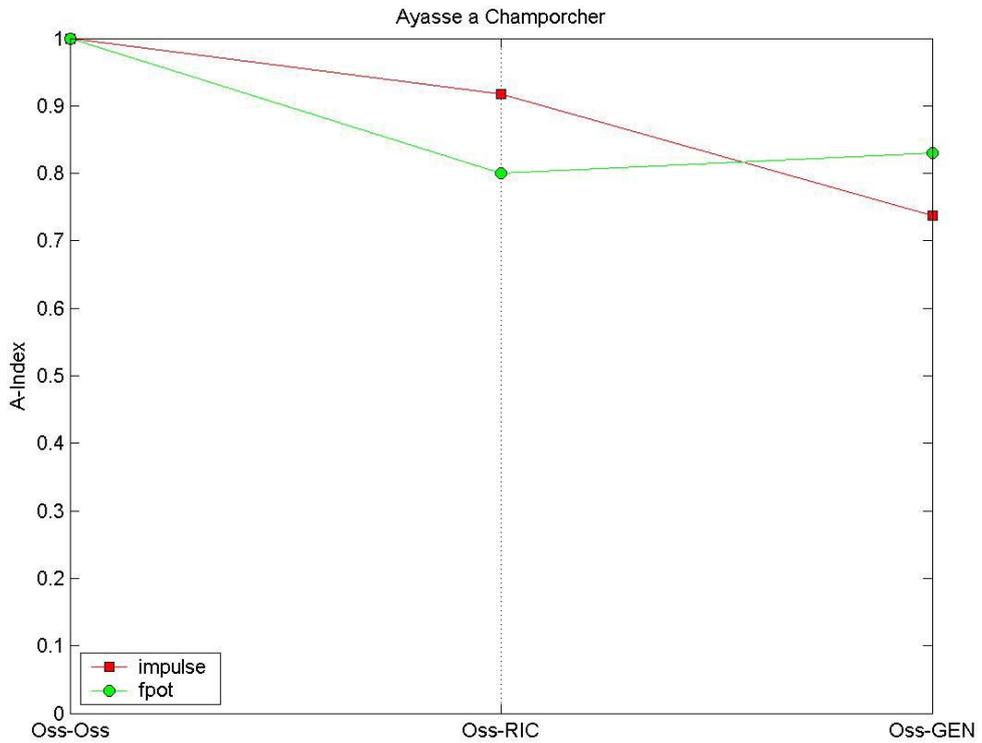
Caso stagionale, $k = 7$ gg

- A_{INDEX} (Indice delle autocorrelazioni)

E' relativo alle serie delle autocorrelazioni dei deflussi con lag di 365 giorni.



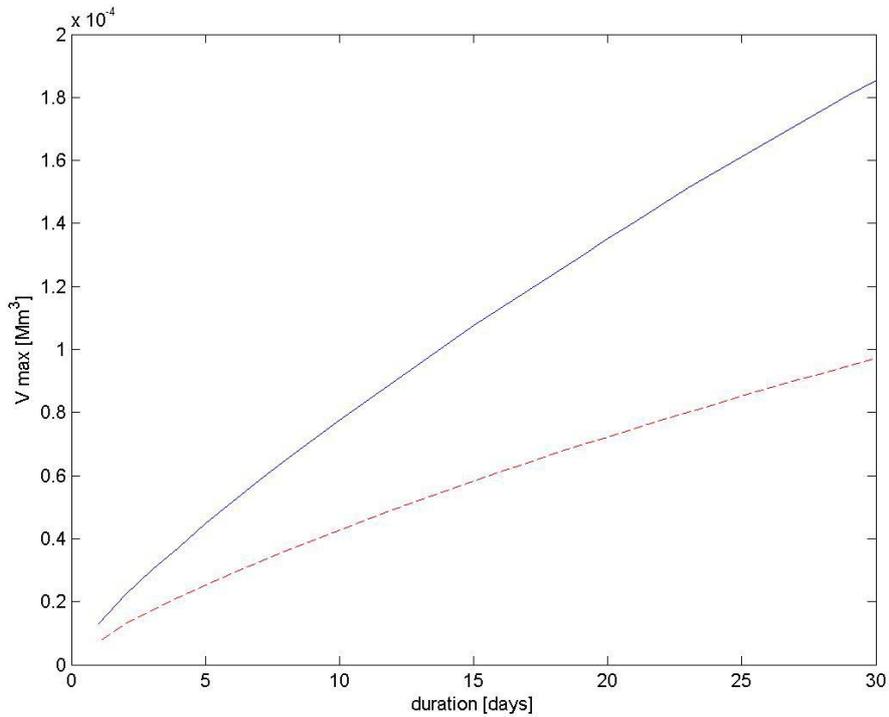
Caso annuale



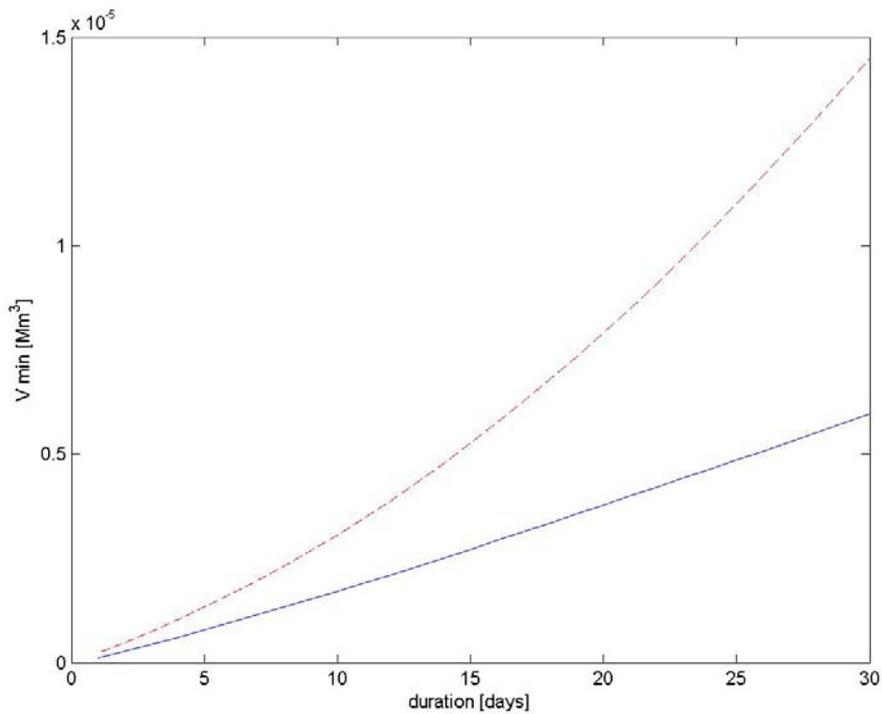
Caso stagionale

- Curve dei volumi massimi (minimi) medi annui

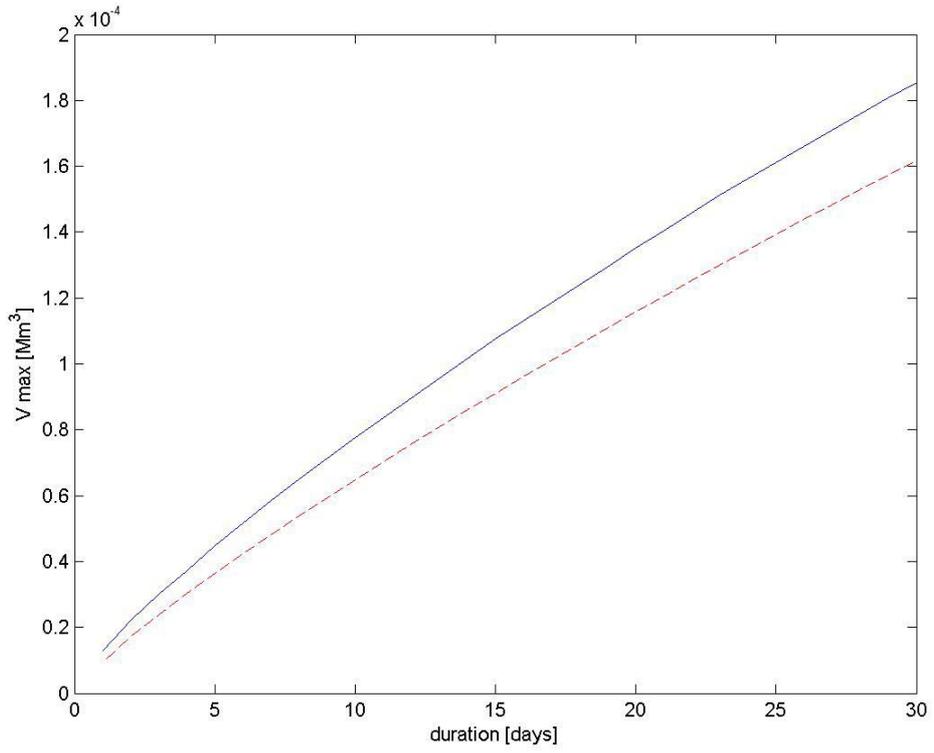
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



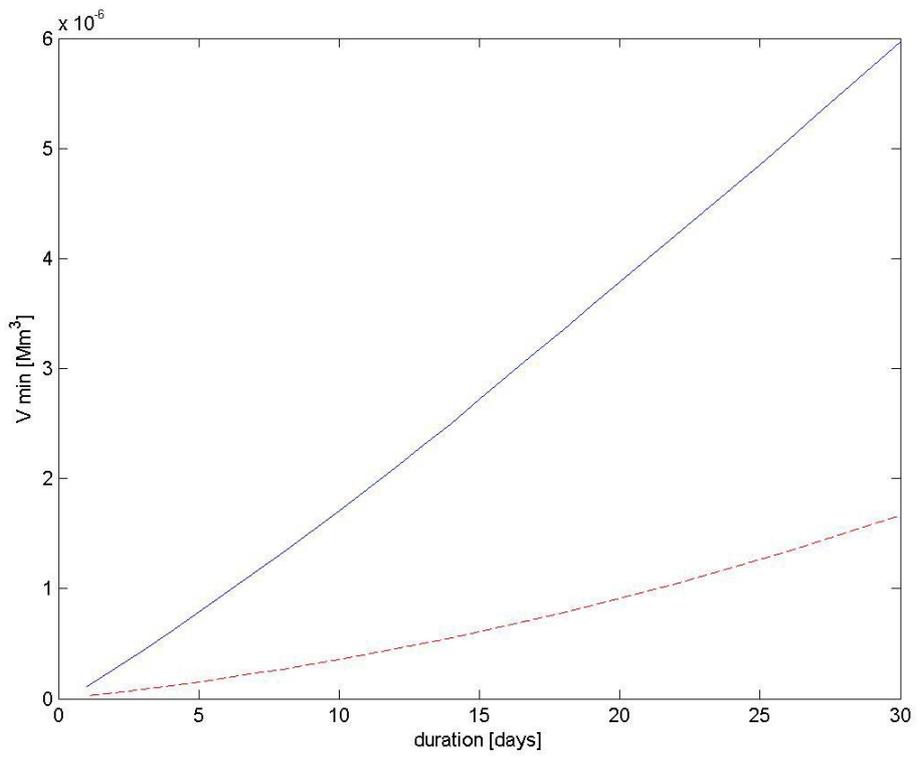
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale

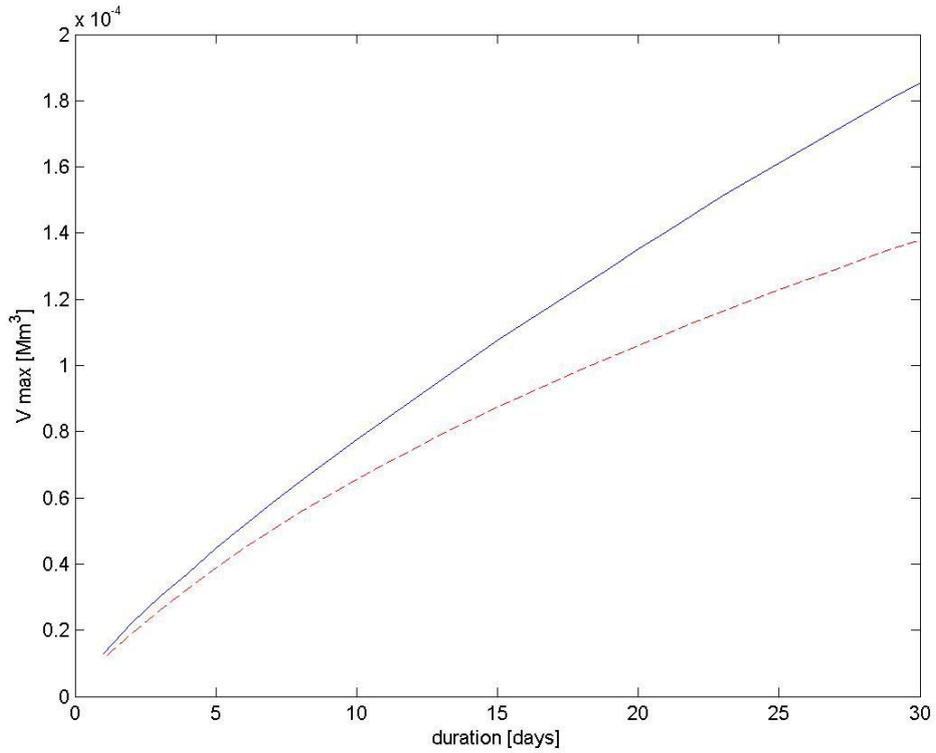


Serie dei V_{MAX} , caso stagionale

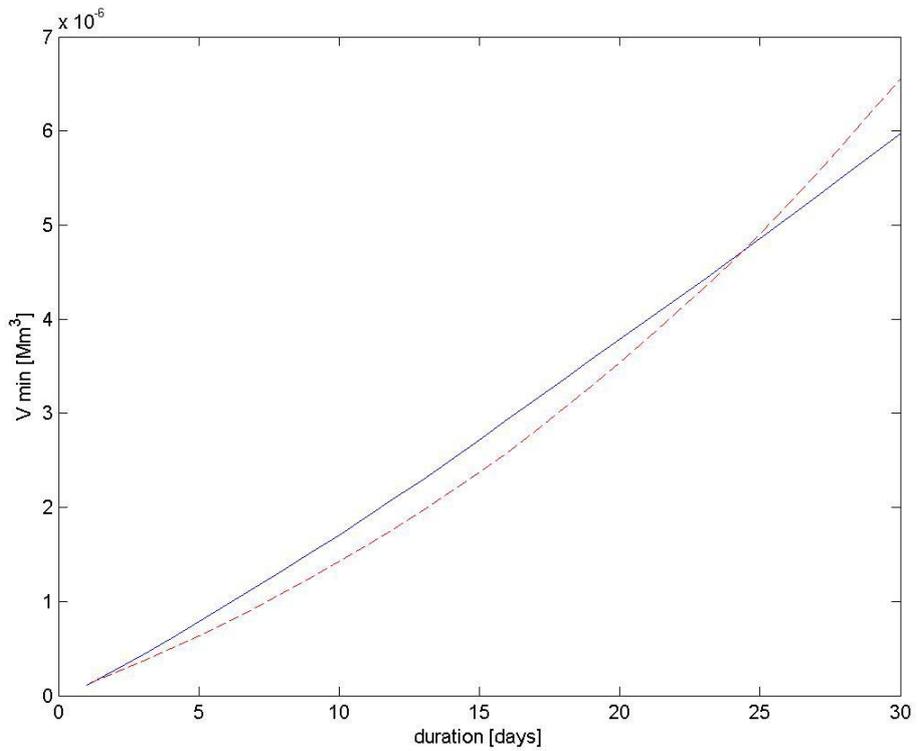


Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

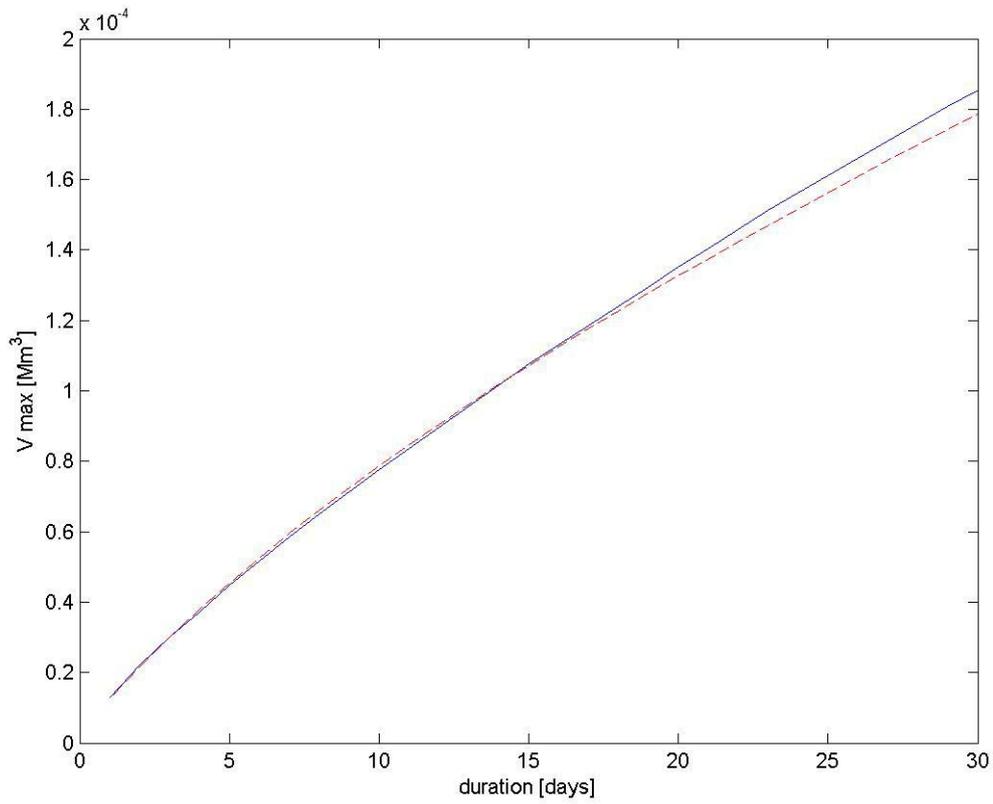
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



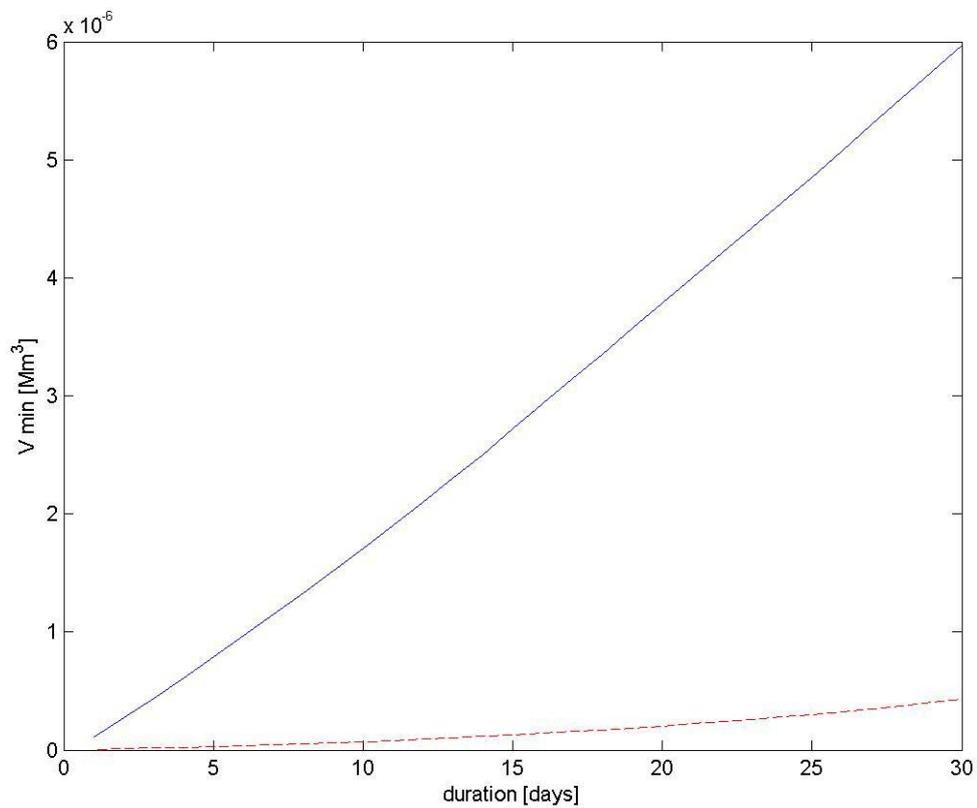
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale



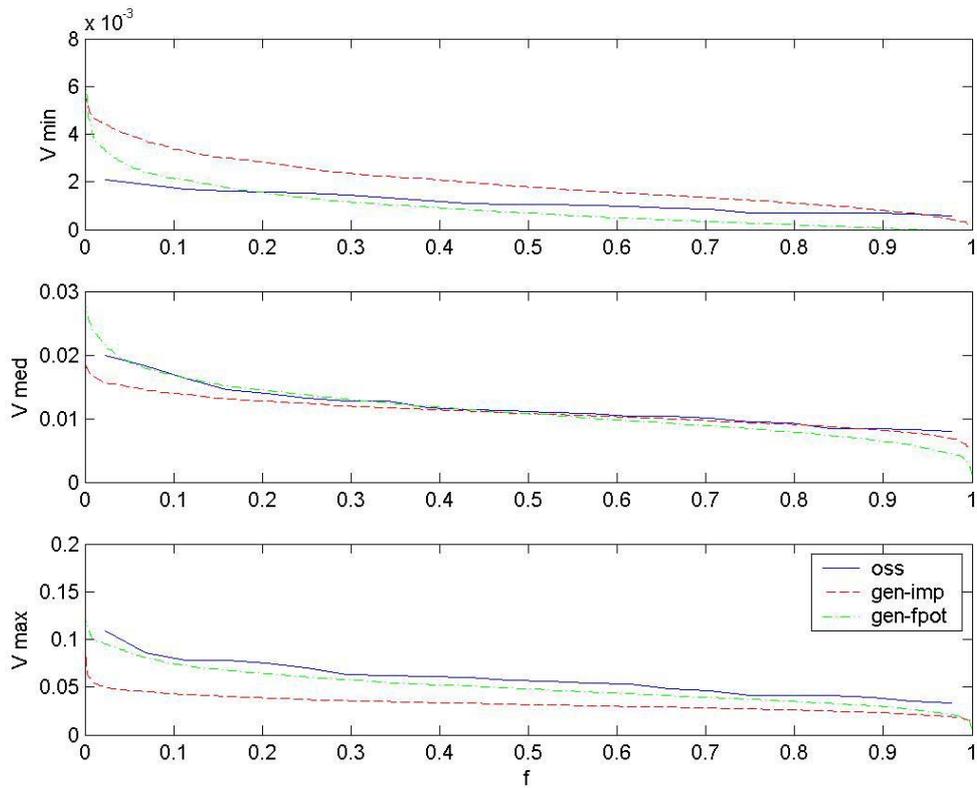
Serie dei V_{MAX} , caso stagionale



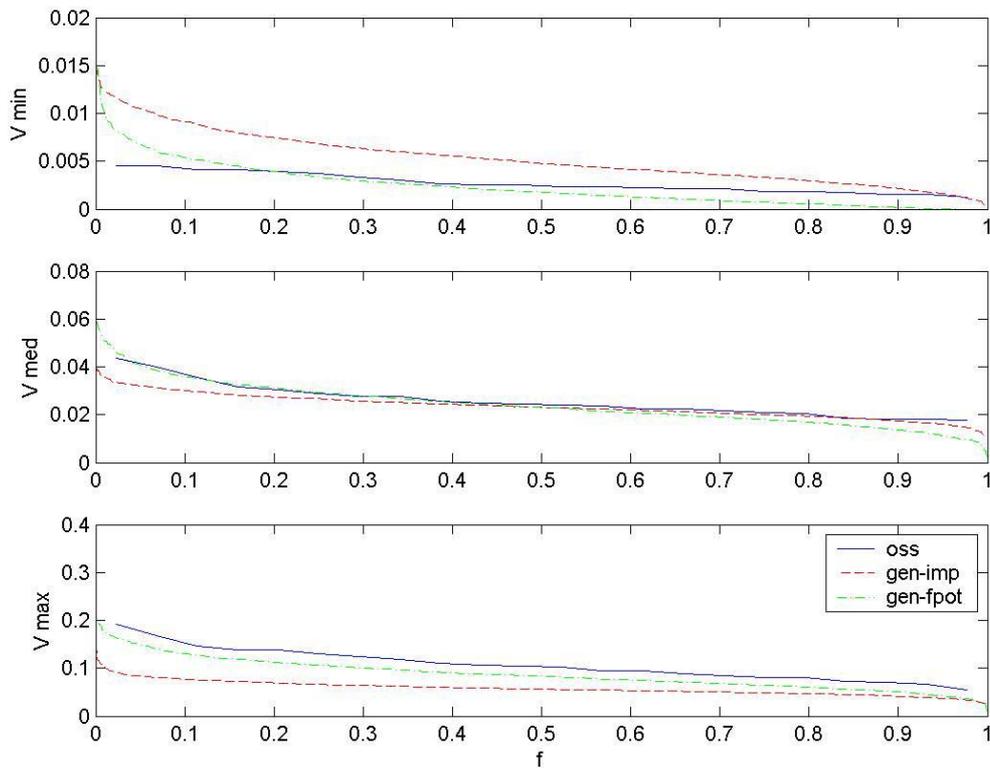
Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

- Curve di frequenza dei volumi

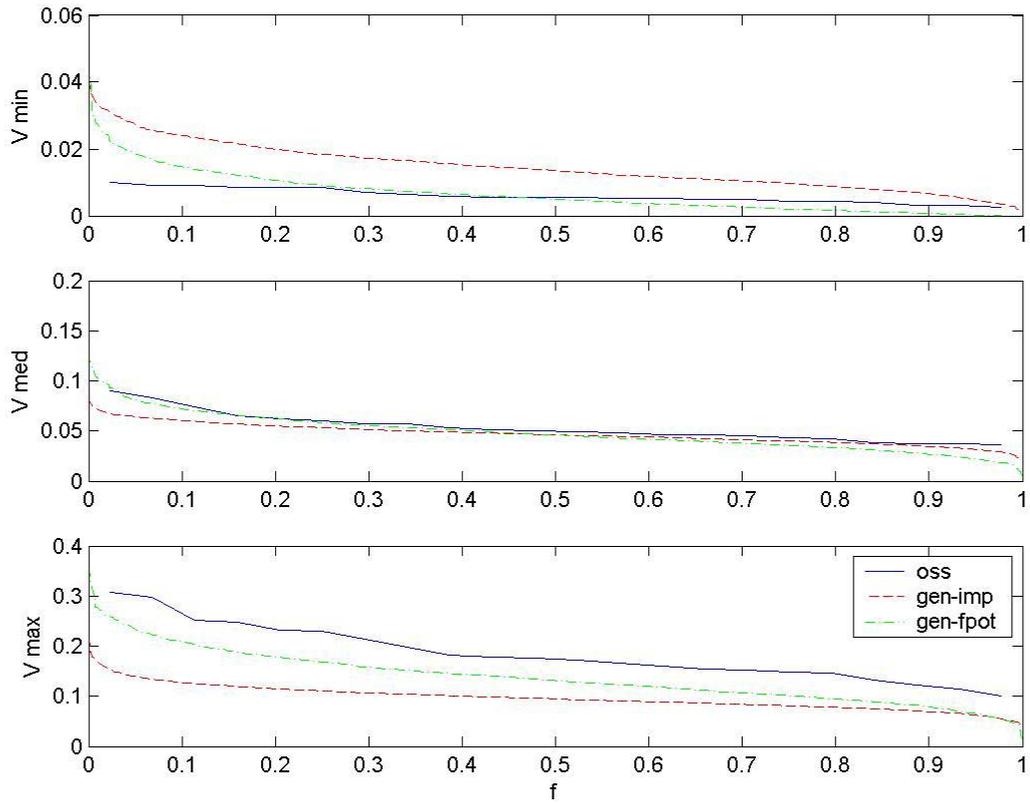
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di 7, 15 e 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni.



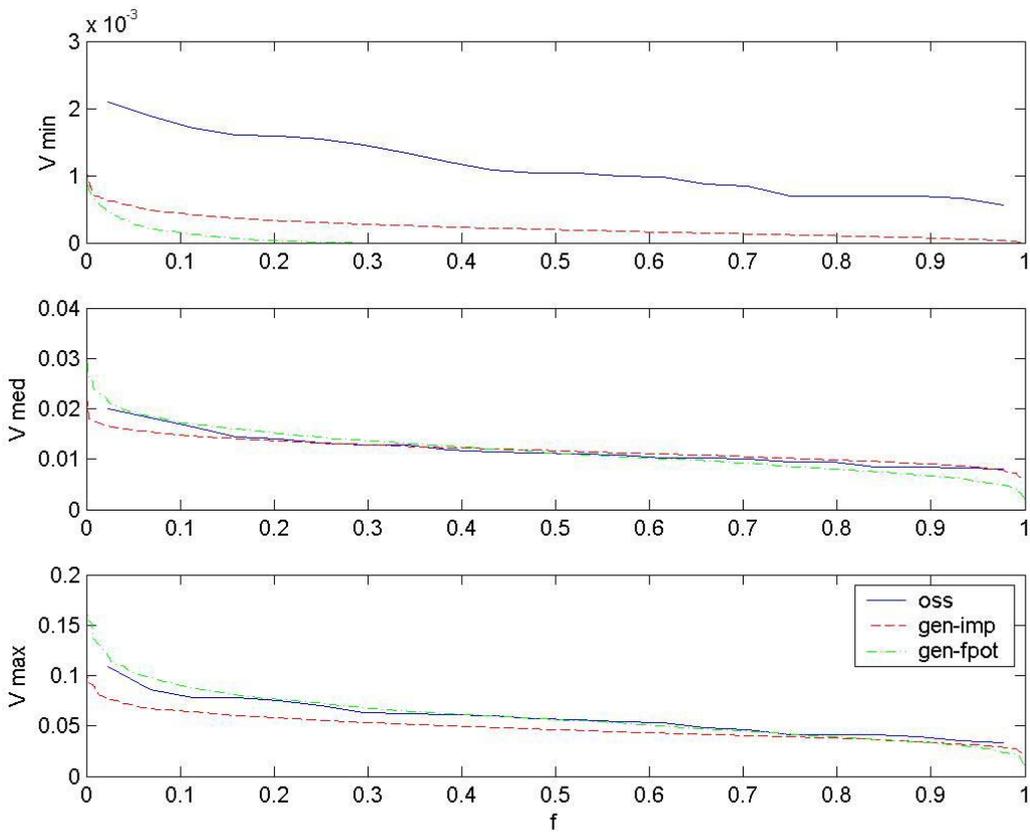
Caso annuale, finestra di integrazione di 7 giorni



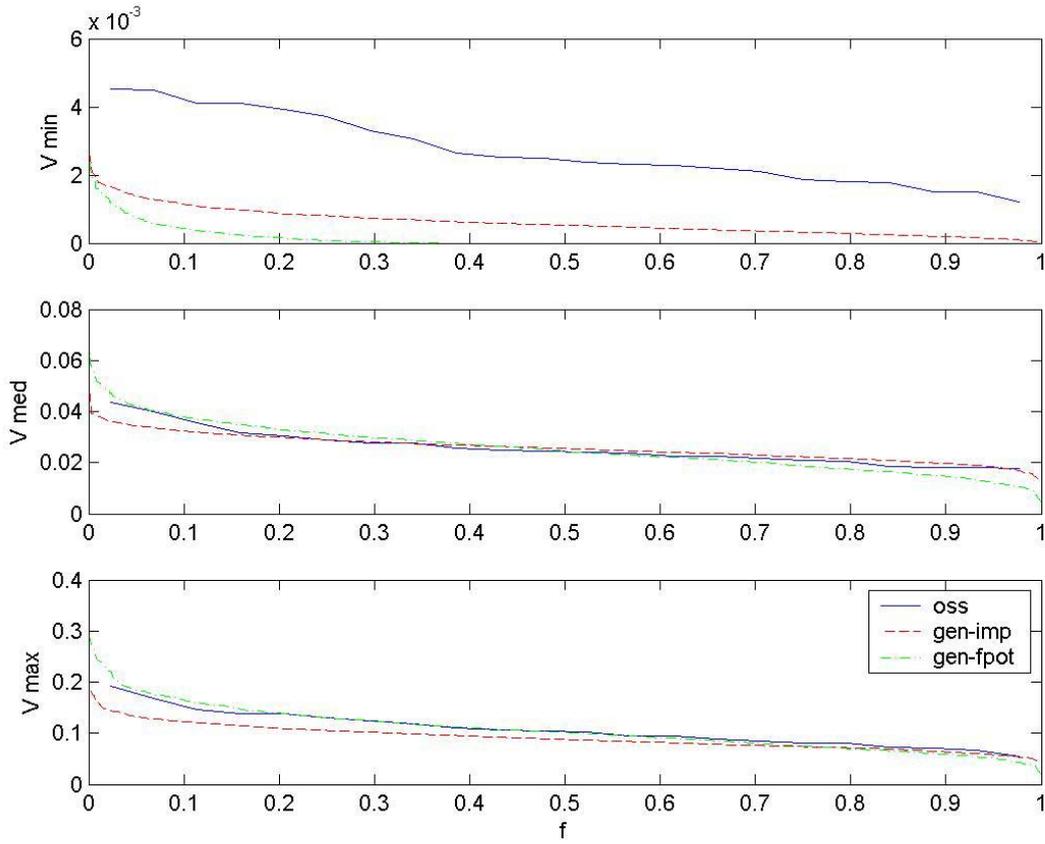
Caso annuale, finestra di integrazione di 15 giorni



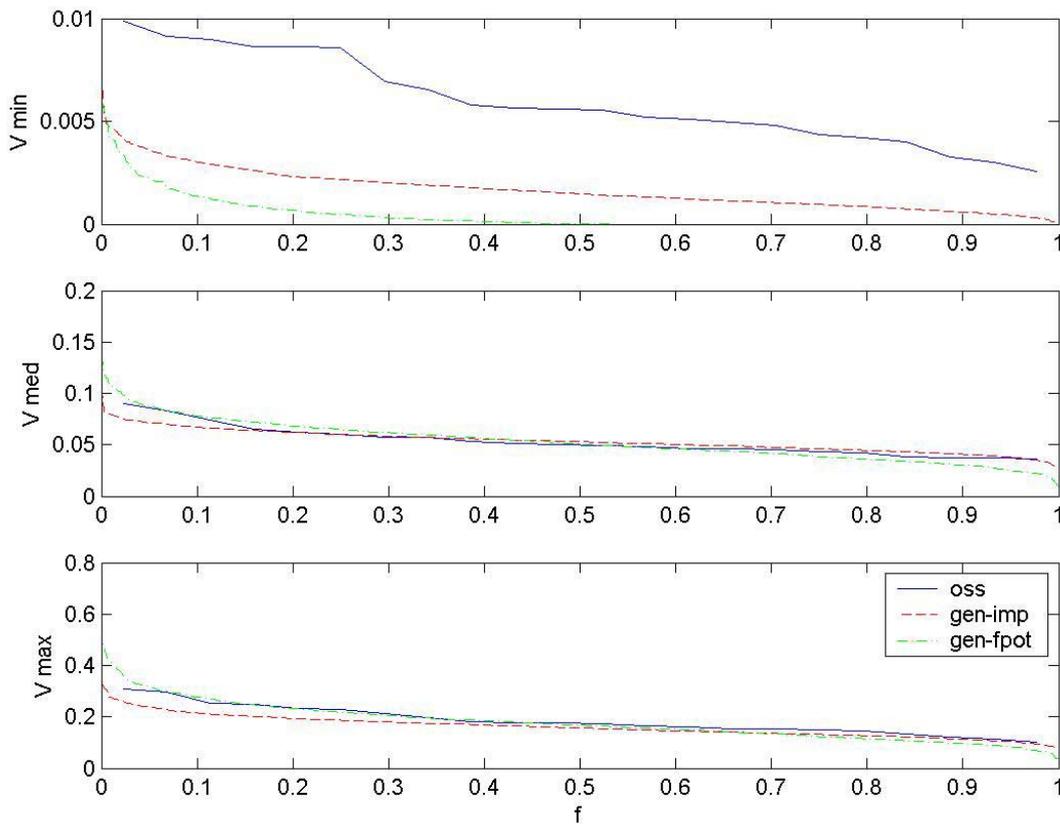
Caso annuale, finestra di integrazione di 30 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 7 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 15 giorni



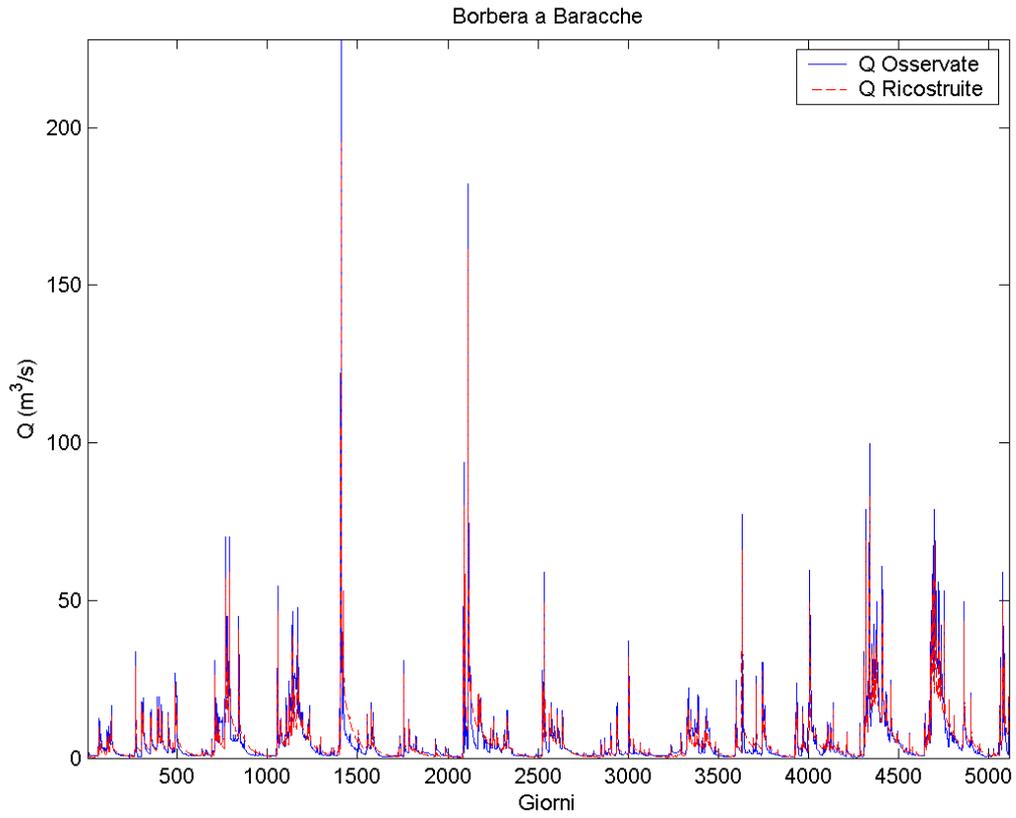
Caso stagionale, finestra di integrazione di 30 giorni

B.2 Borbera a Baracche

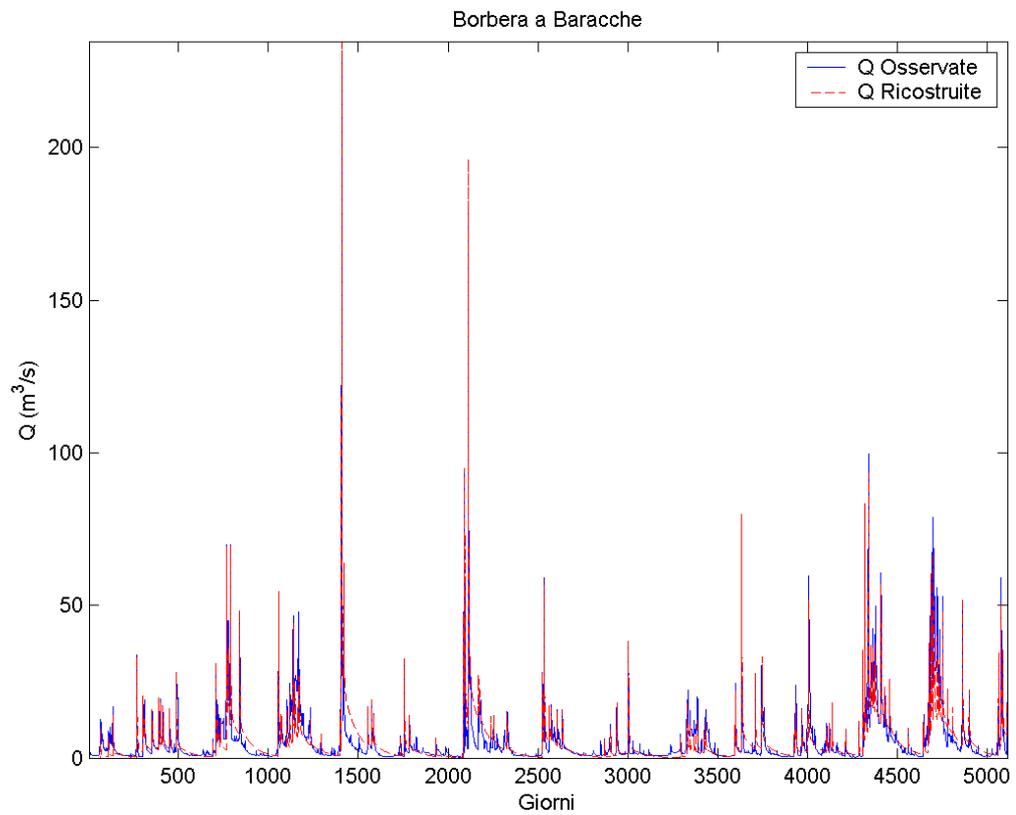
B.2.1 Parametri del modello Shot Noise

Shot Noise con input iniziale <i>impulse</i>	Shot Noise con input iniziale <i>fpot</i> *
Cod.: 3	Cod.: 3
Bacino: Borbera a Baracche	Bacino: Borbera a Baracche
$R^2 = 0.8785$ Int h = 0.9990	$R^2 = 0.7451$ hsum = 0.9990
----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----	----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----
c0 (-) 0.0969	c0 (-) 0.0847
c1 (-) 0.1969	c1 (-) 0.1902
c2 (-) 0.7062	c2 (-) 0.7250
k1 (gg) 2.4165	k1 (gg) 3.3230
k2 (gg) 53.6189	k2 (gg) 76.3034
----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 353	----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 500

* si intende privo del processo di deconvoluzione



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “impulse”



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “fpot”

B.2.2 Serie sintetiche

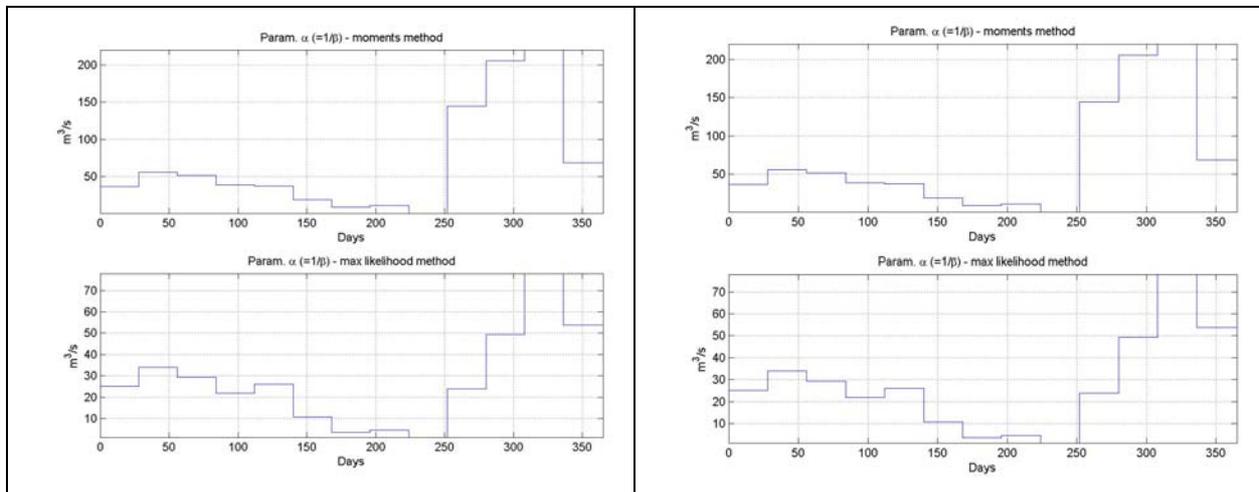
- Parametri del modello di generazione

Bacino: Borbera a Baracche
 Tipo input iniziale: impulse

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0456
 alfa = 116.6833

Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".



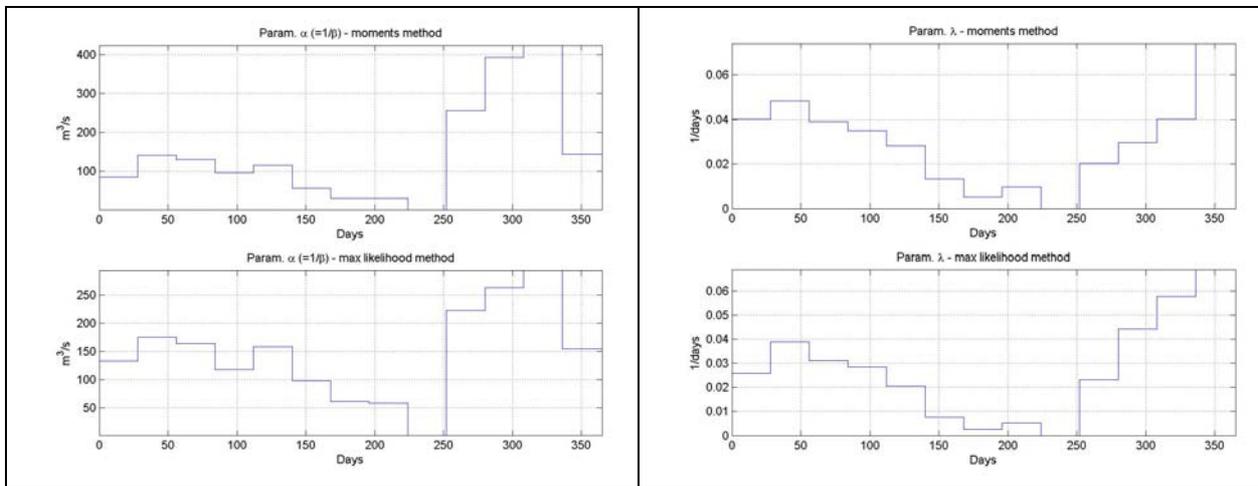
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".

Bacino: Borbera a Baracche
 Tipo input iniziale: fpot

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0207
 alfa = 253.9351

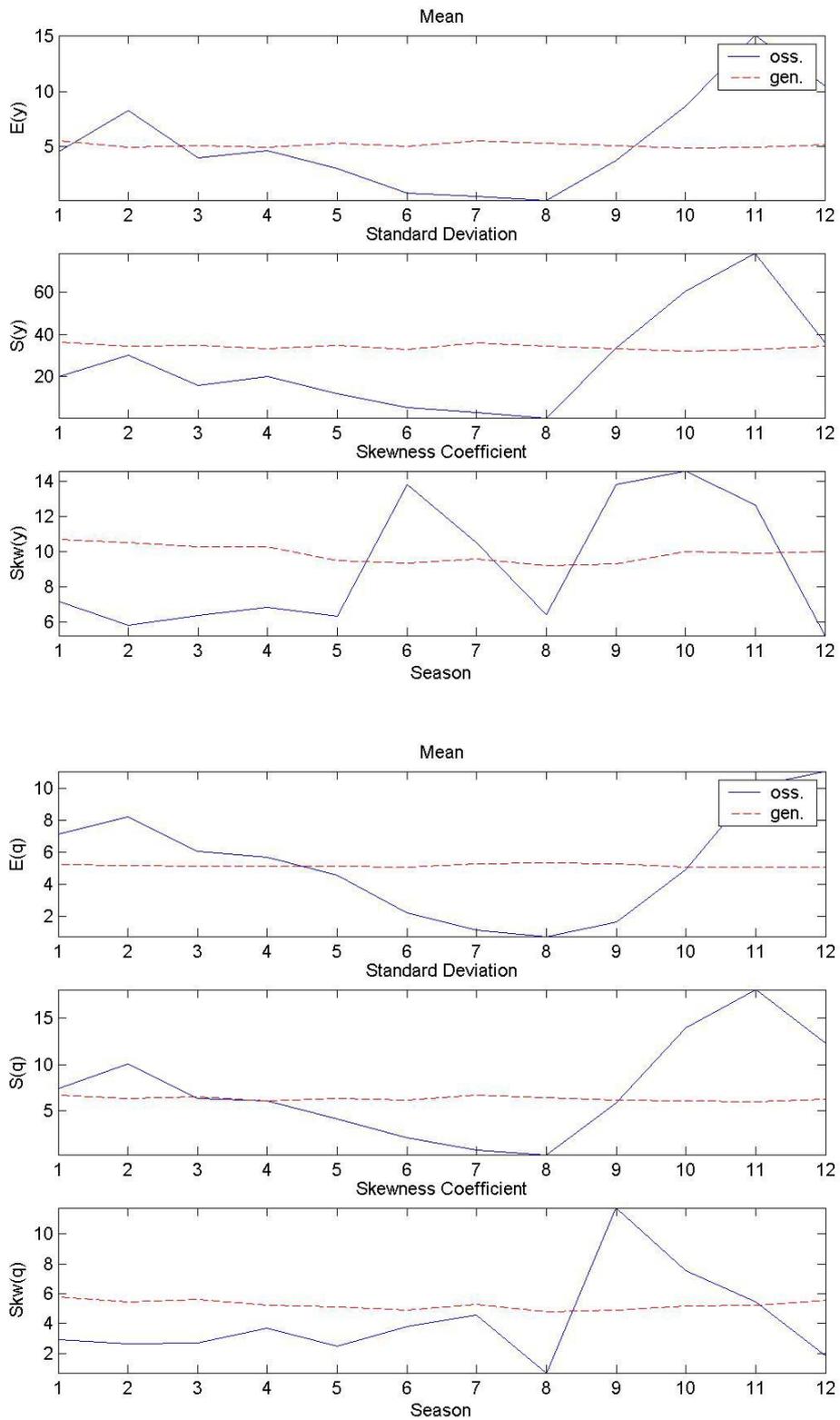
Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".



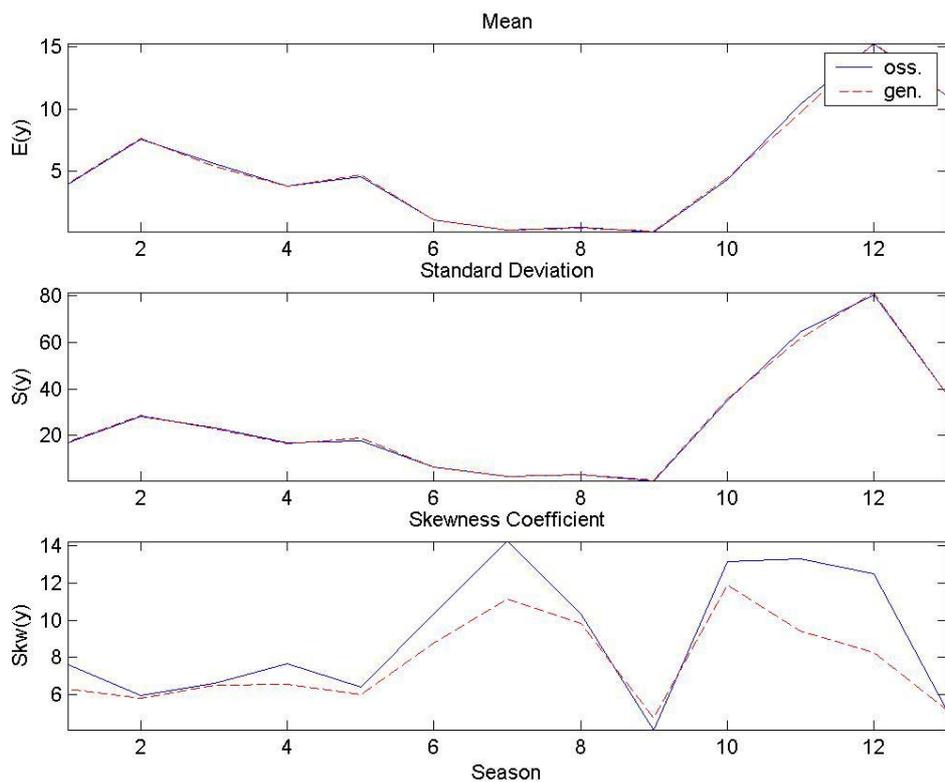
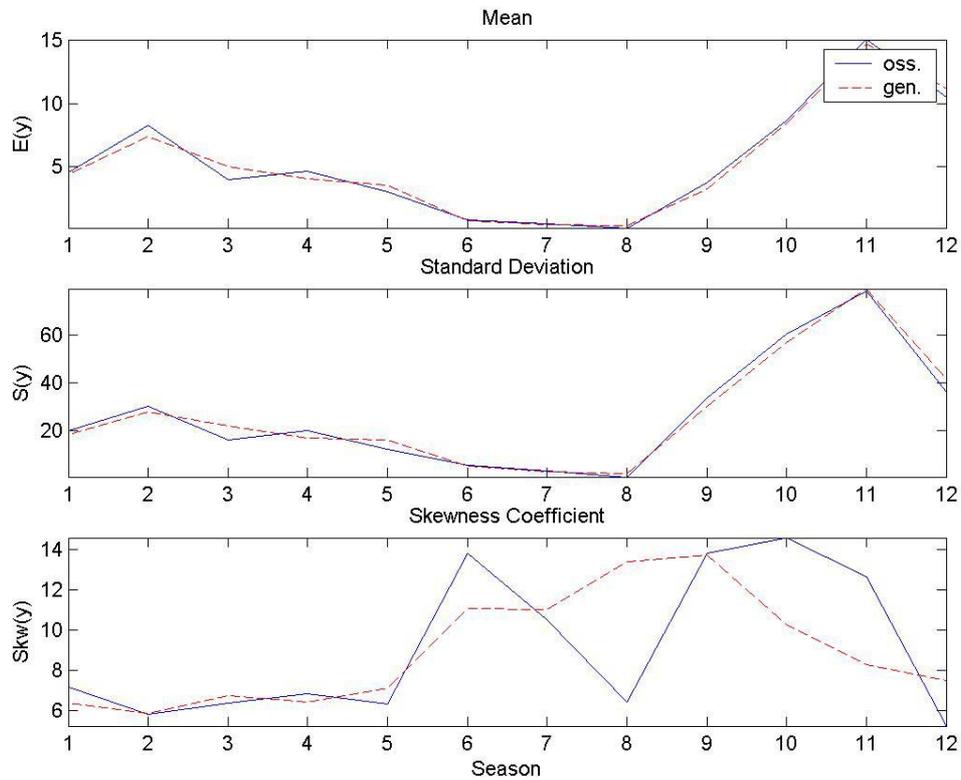
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".

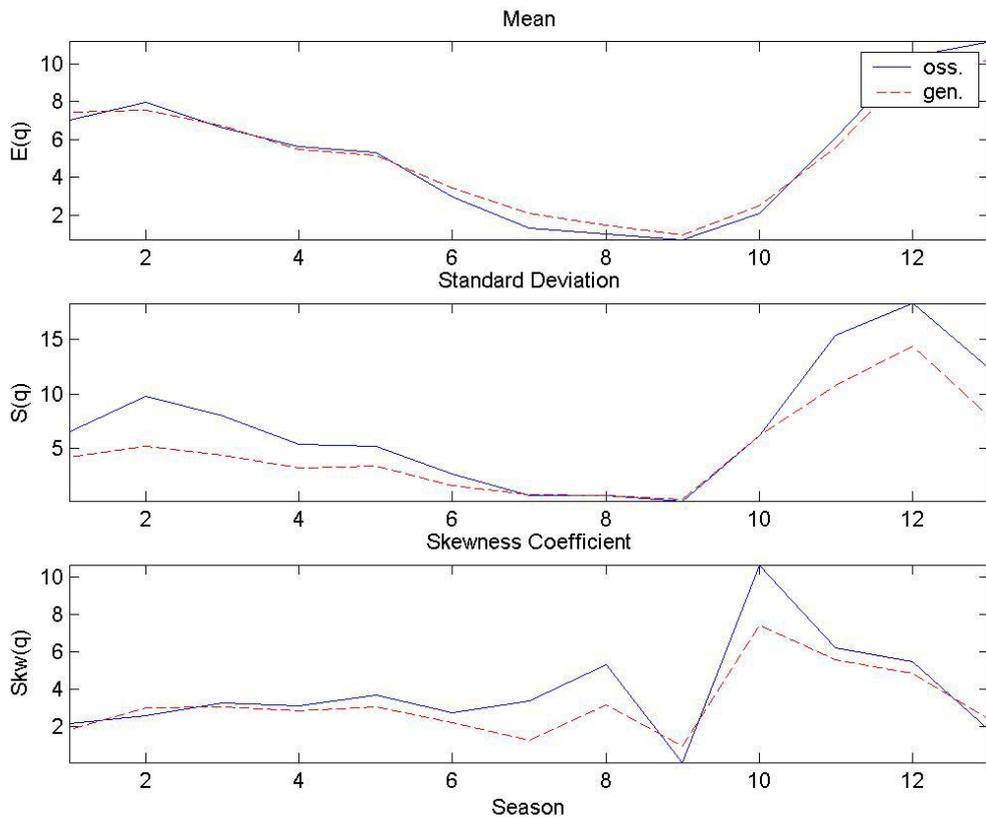
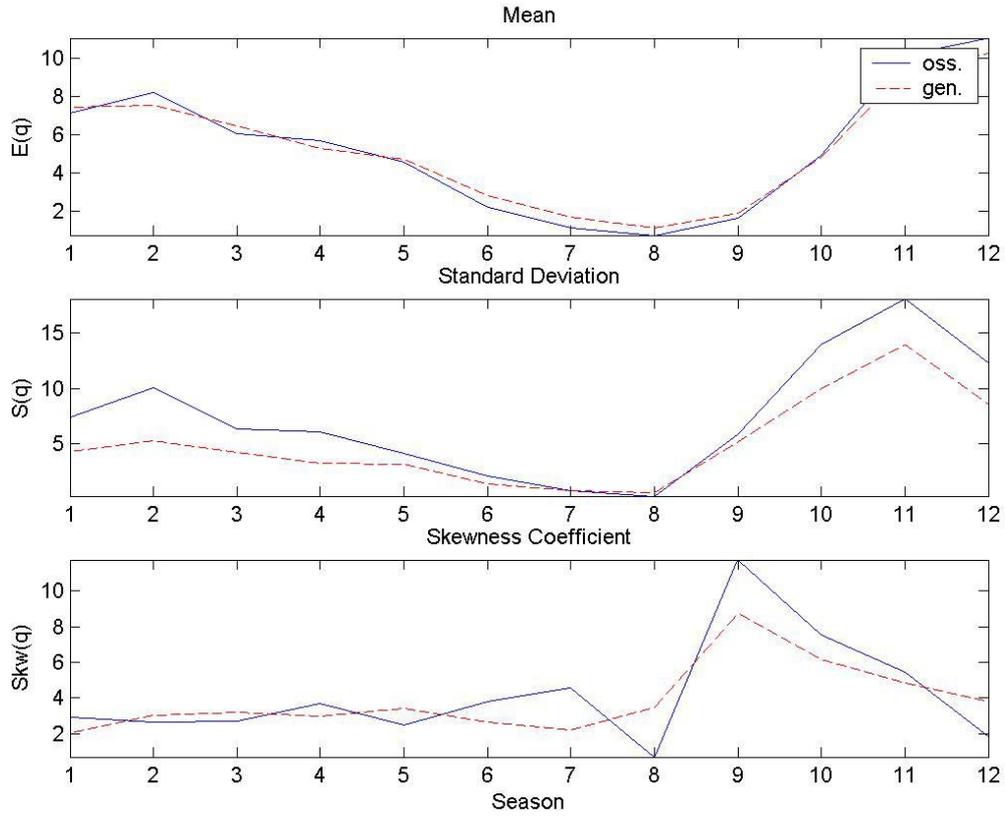
- Statistiche a confronto delle serie osservate e generate

Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.

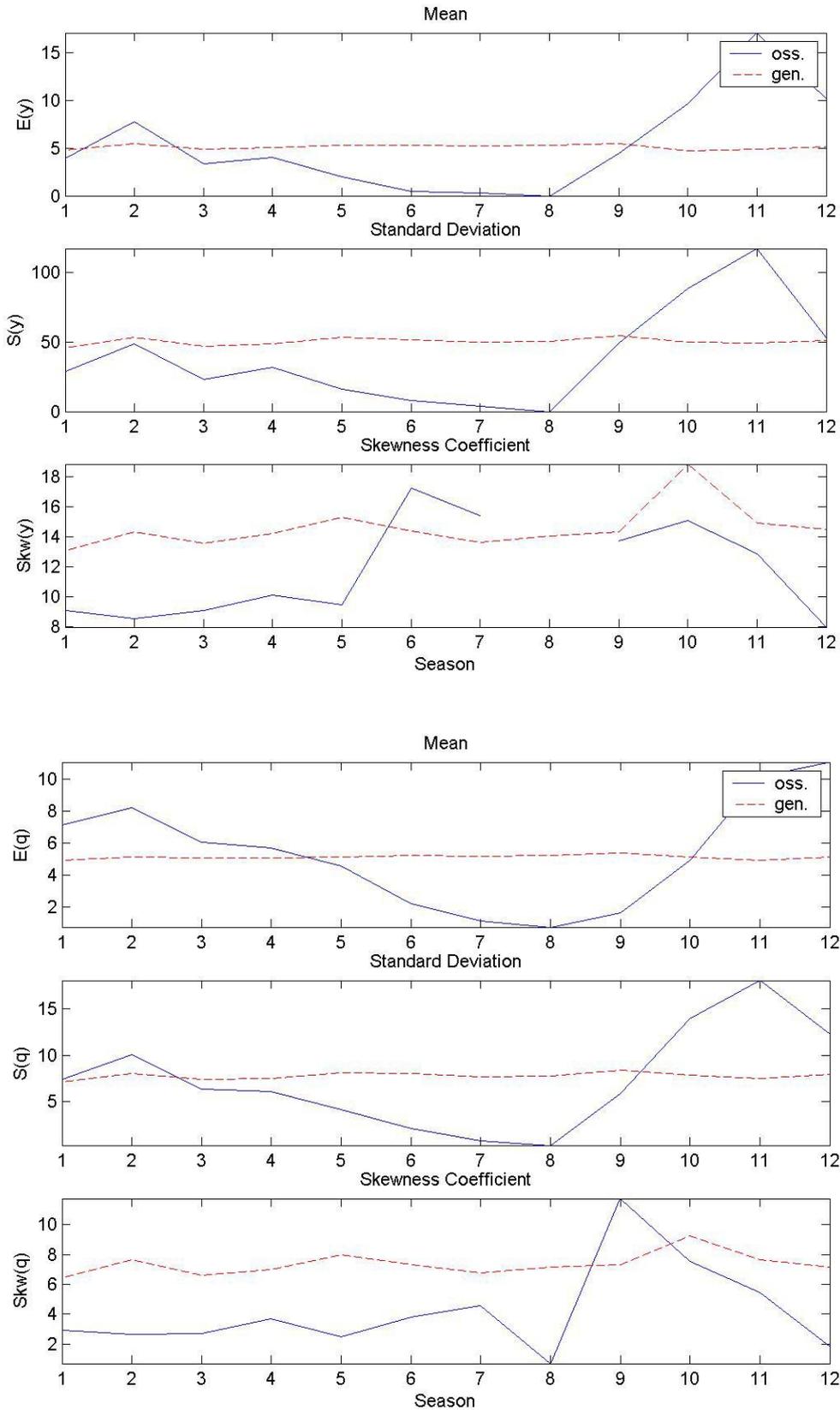


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.

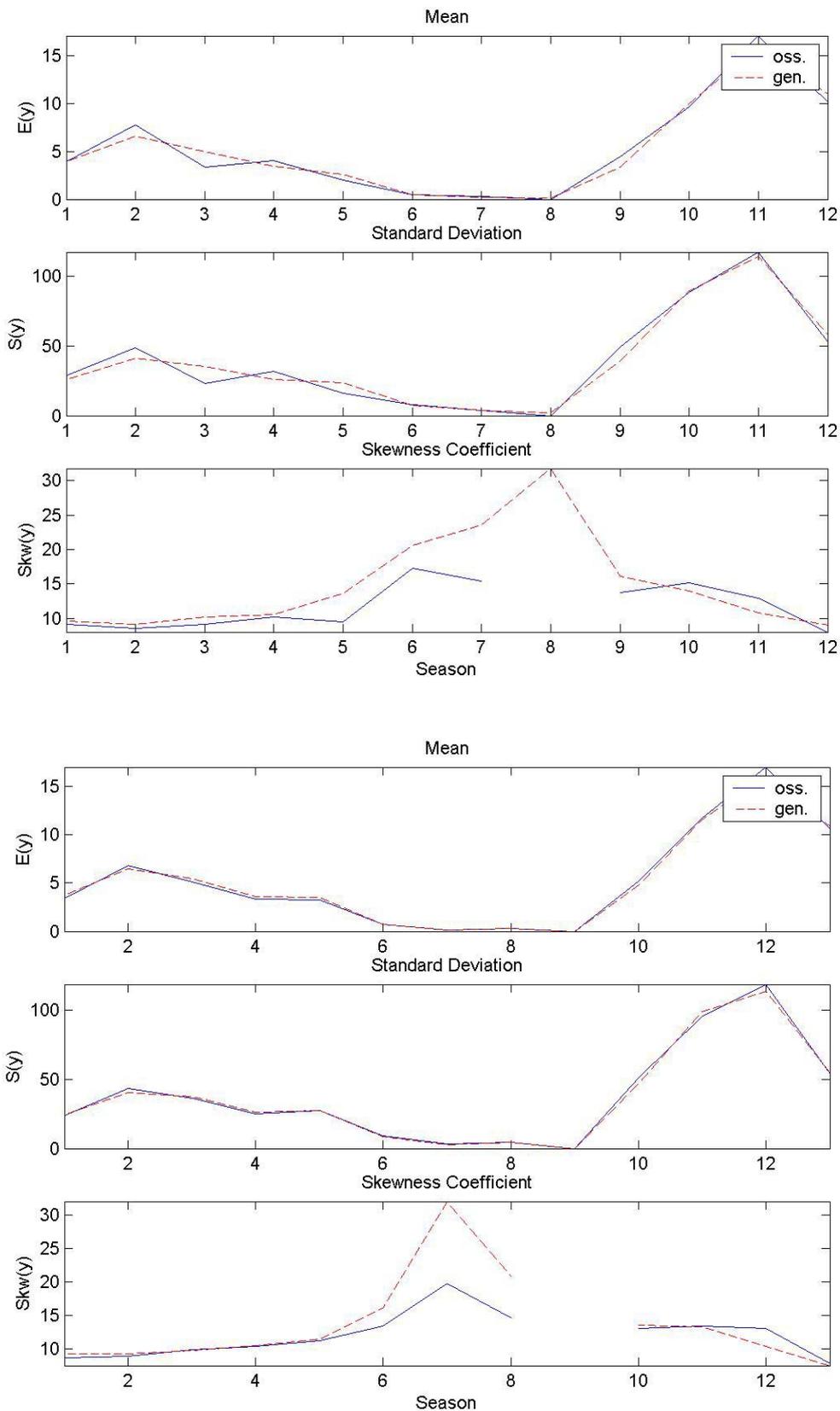


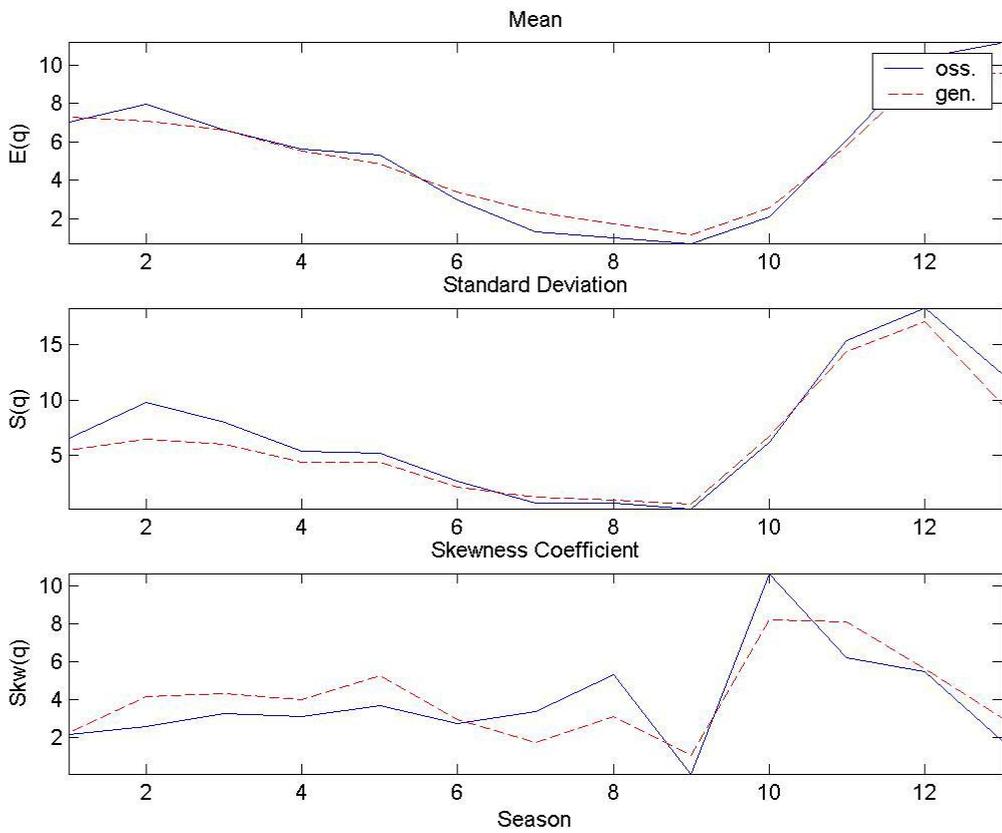
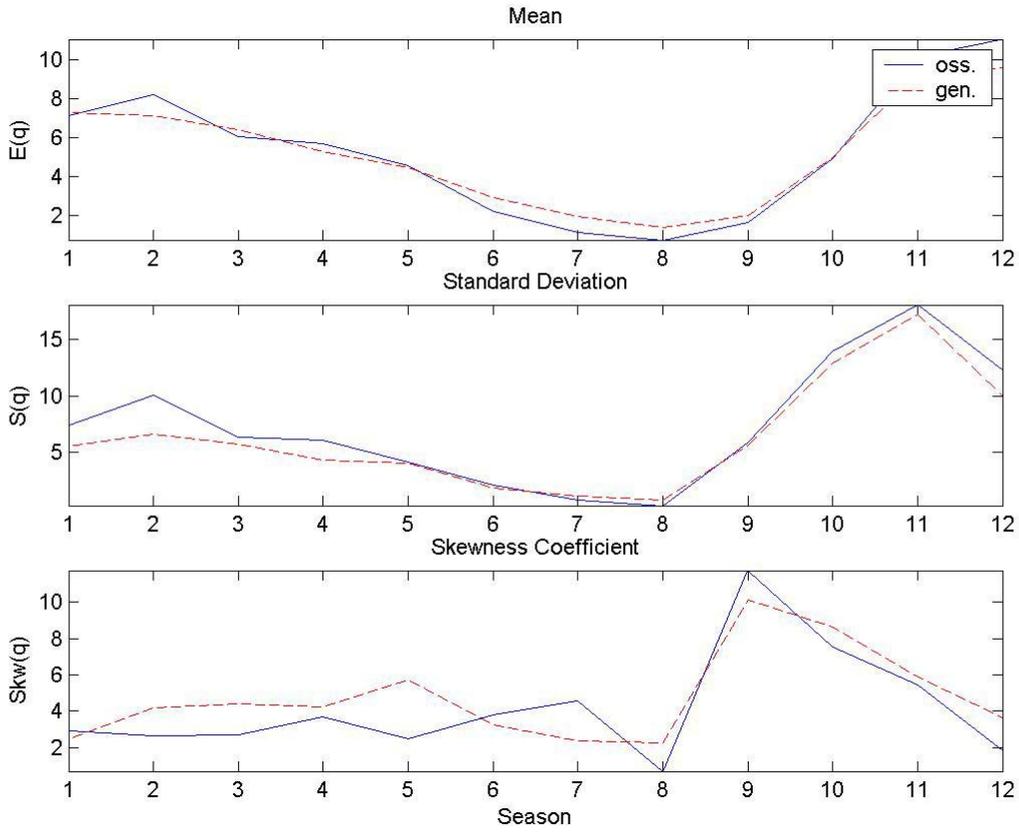


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.



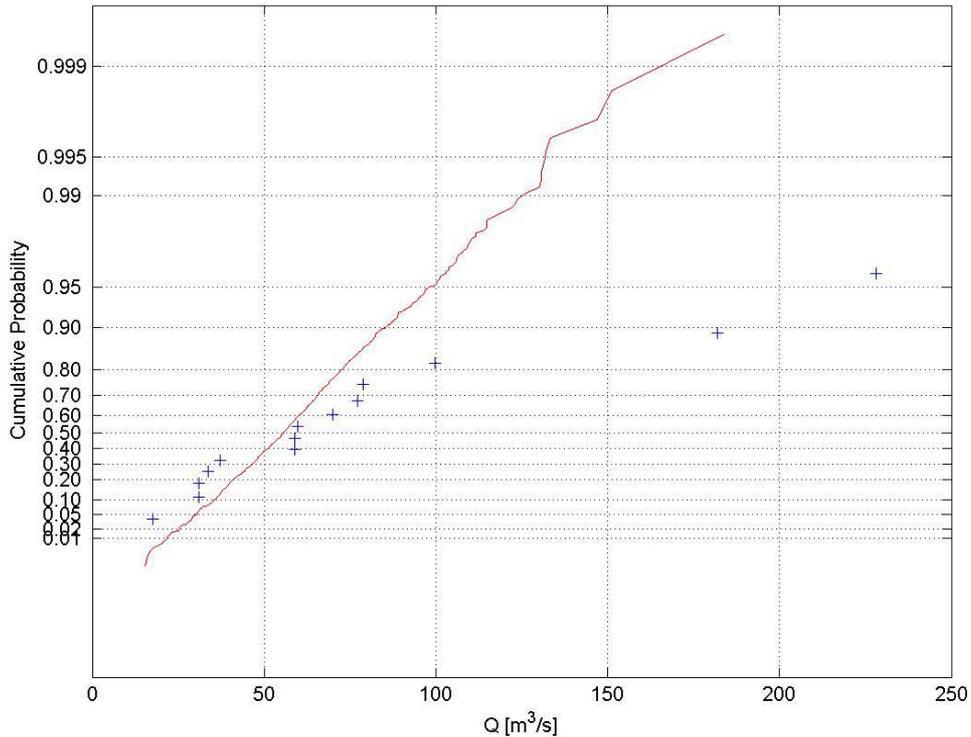
Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.



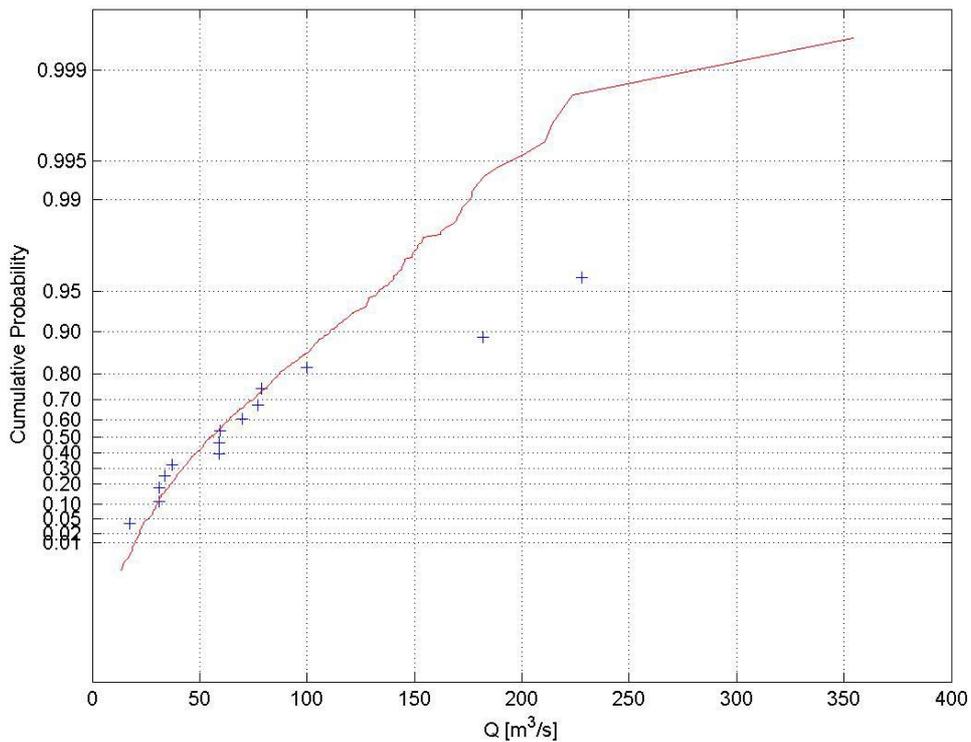


- Serie dei massimi annui su carta probabilistica di Gumbel

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)

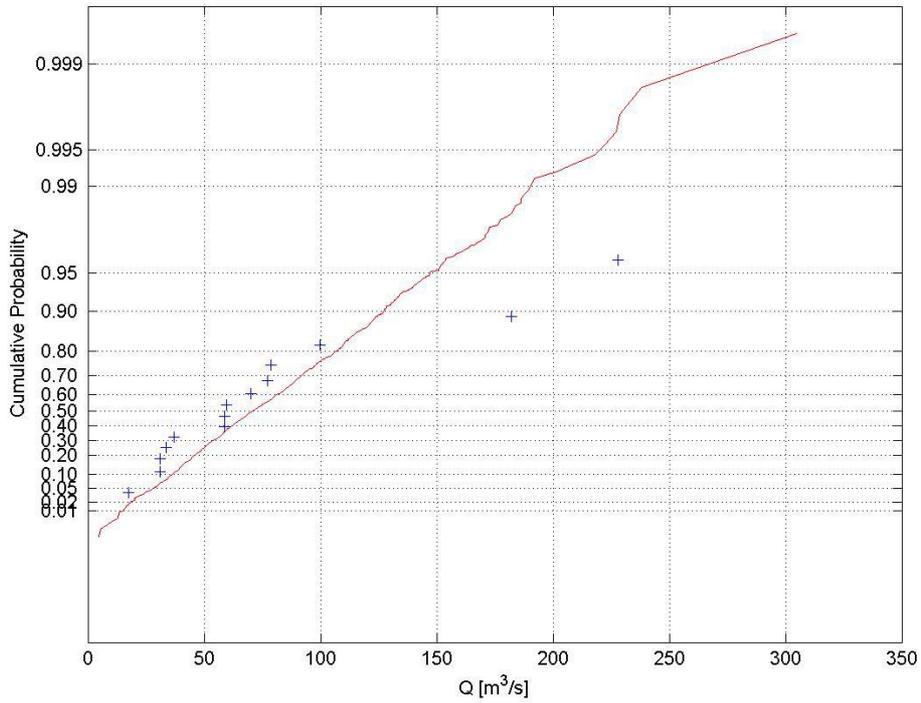


Caso annuale

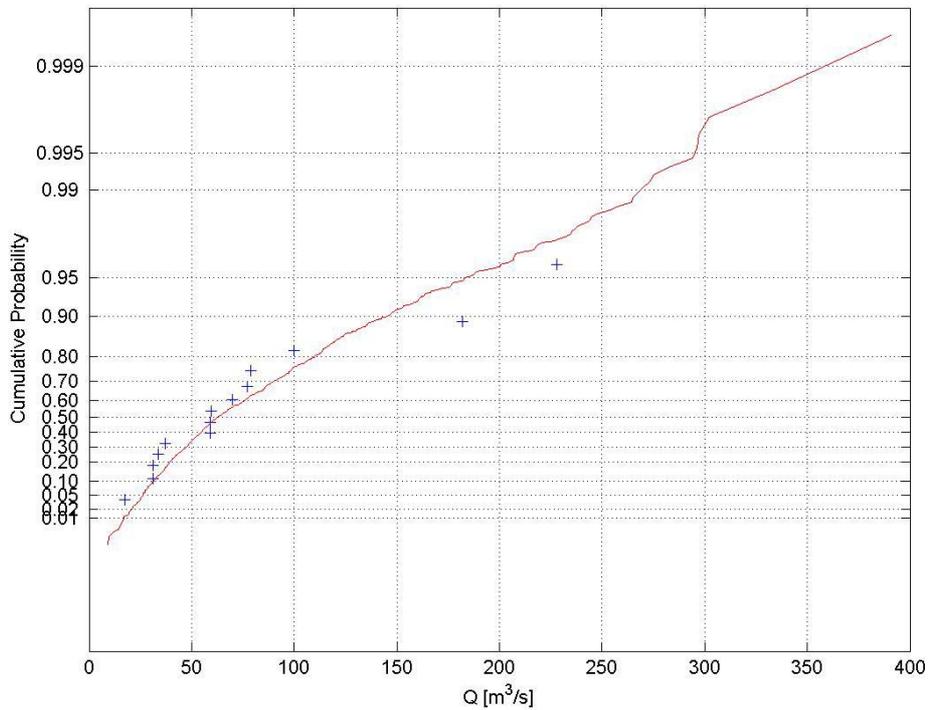


Caso stagionale

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)



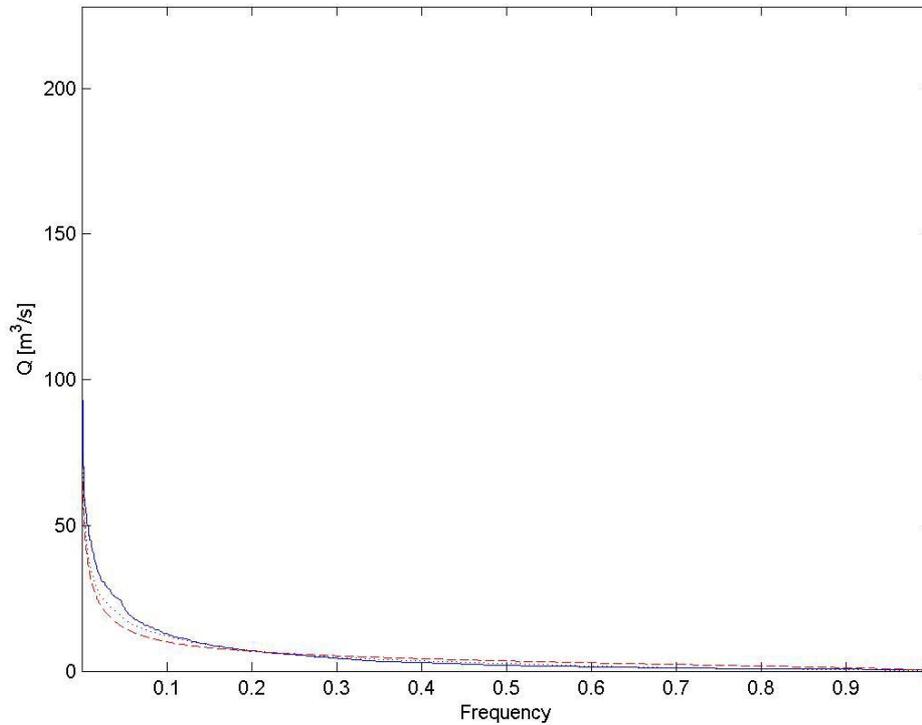
Caso annuale



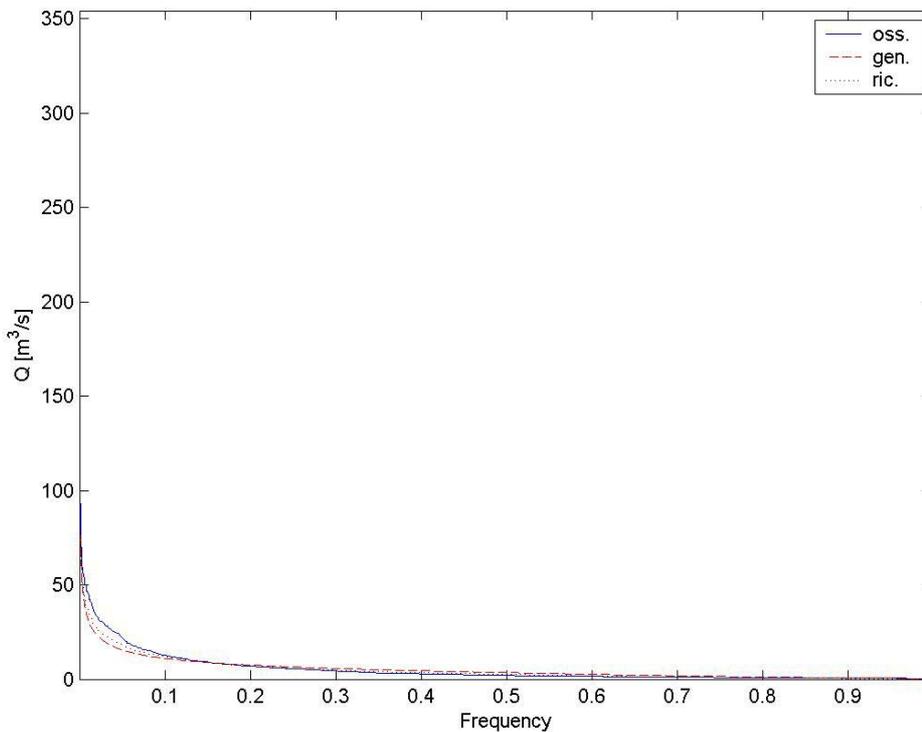
Caso stagionale

- Curva di durata delle portate

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate e puntinata per le ricostruite)

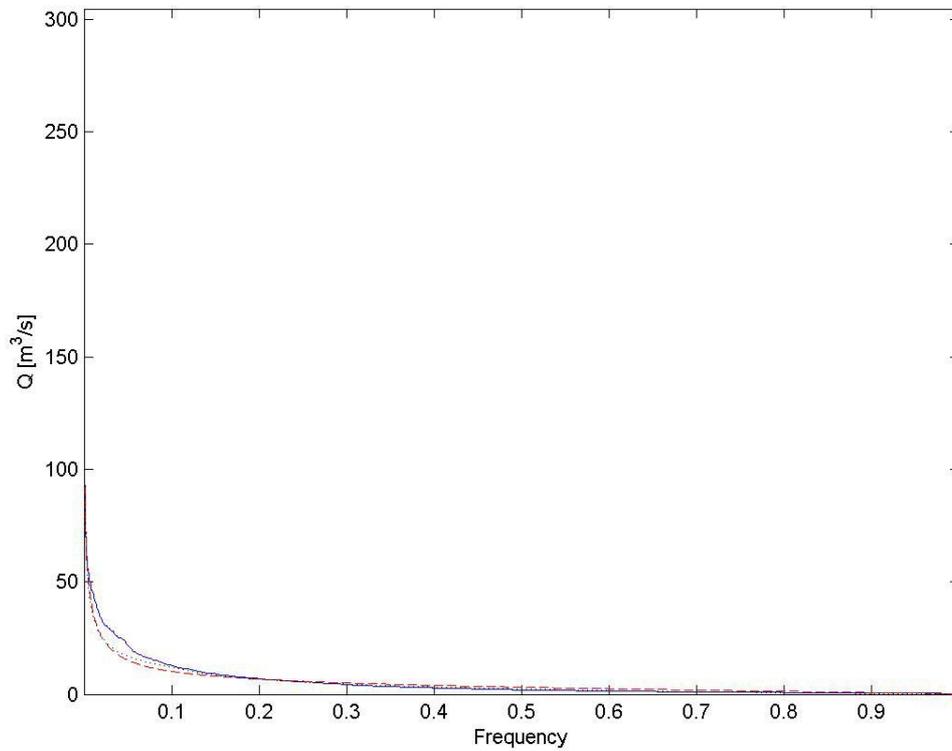


Caso annuale

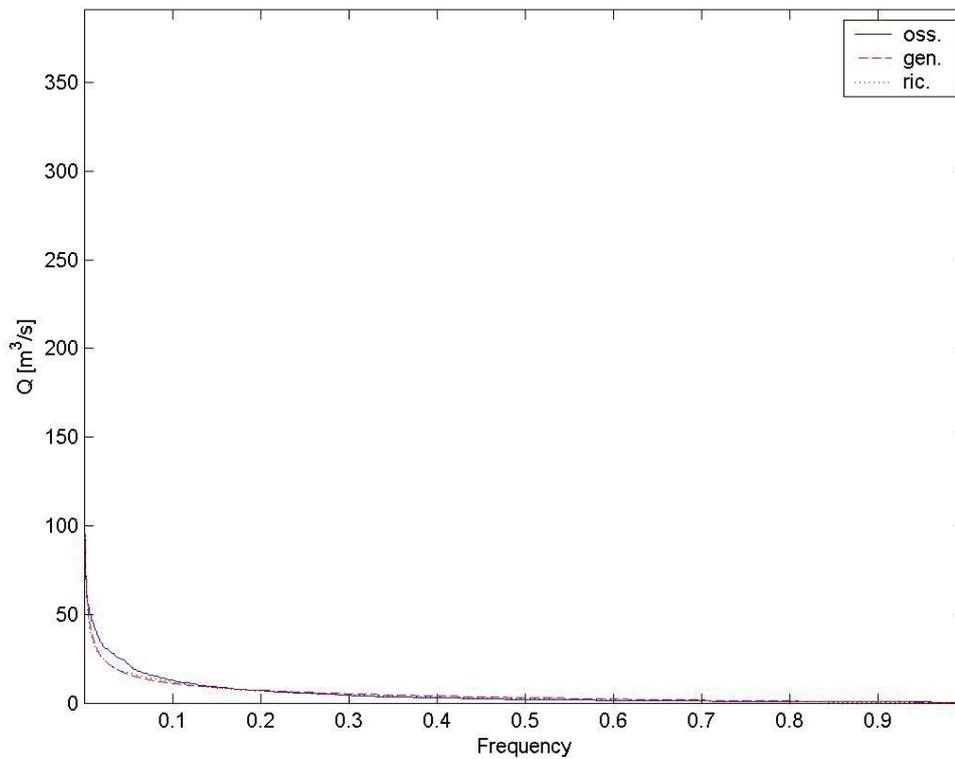


Caso stagionale

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot".

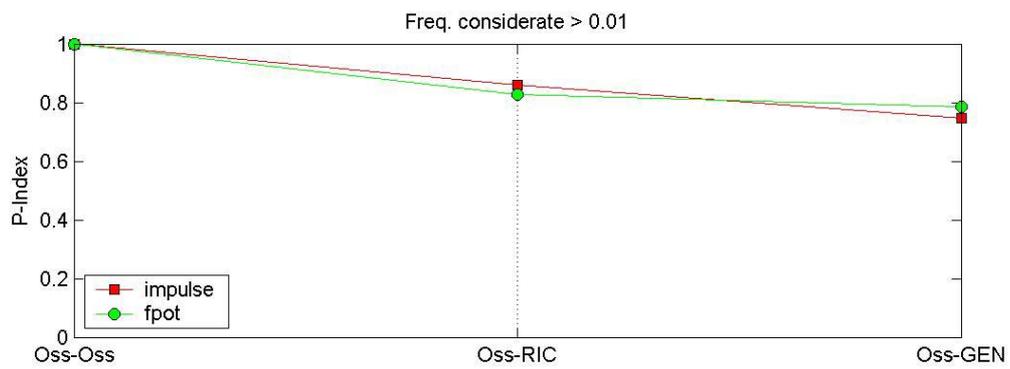
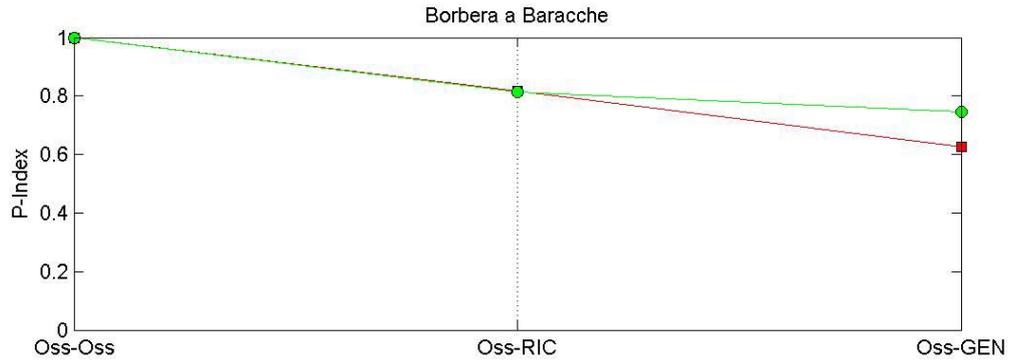


Caso annuale

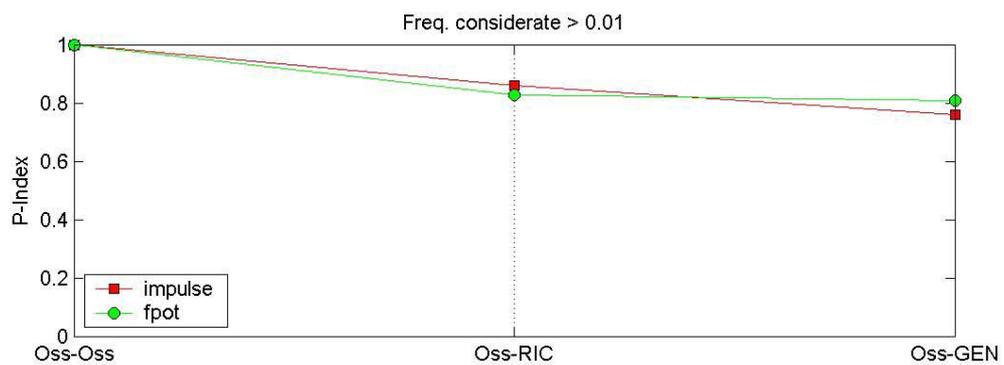
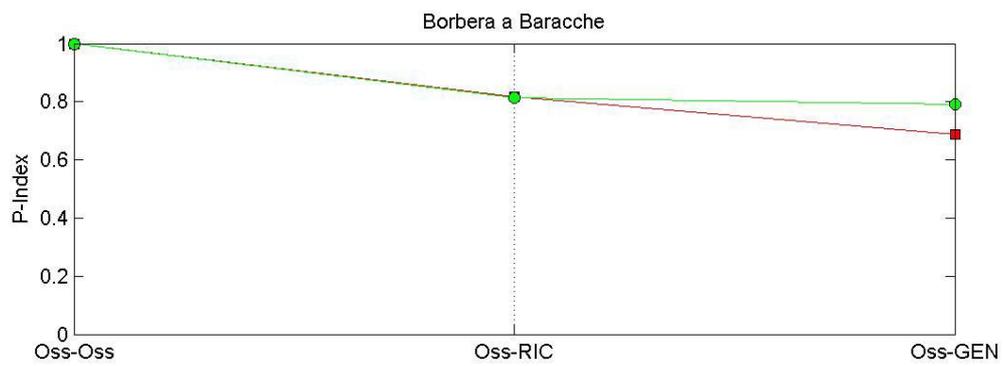


Caso stagionale

- Performance Index P_{INDEX}

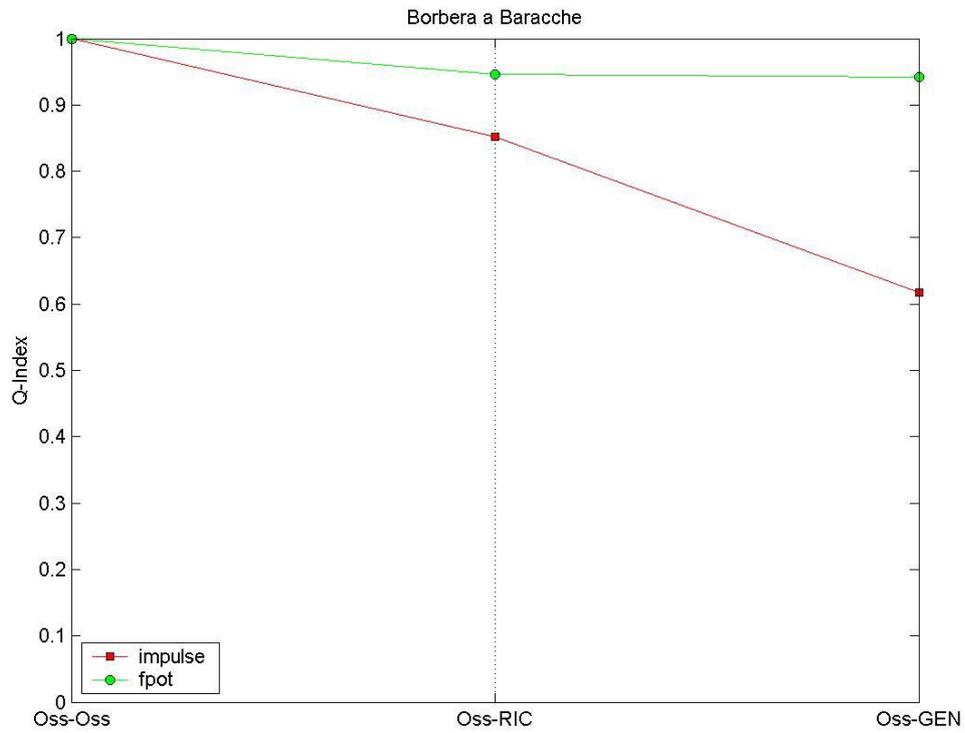


Caso annuale

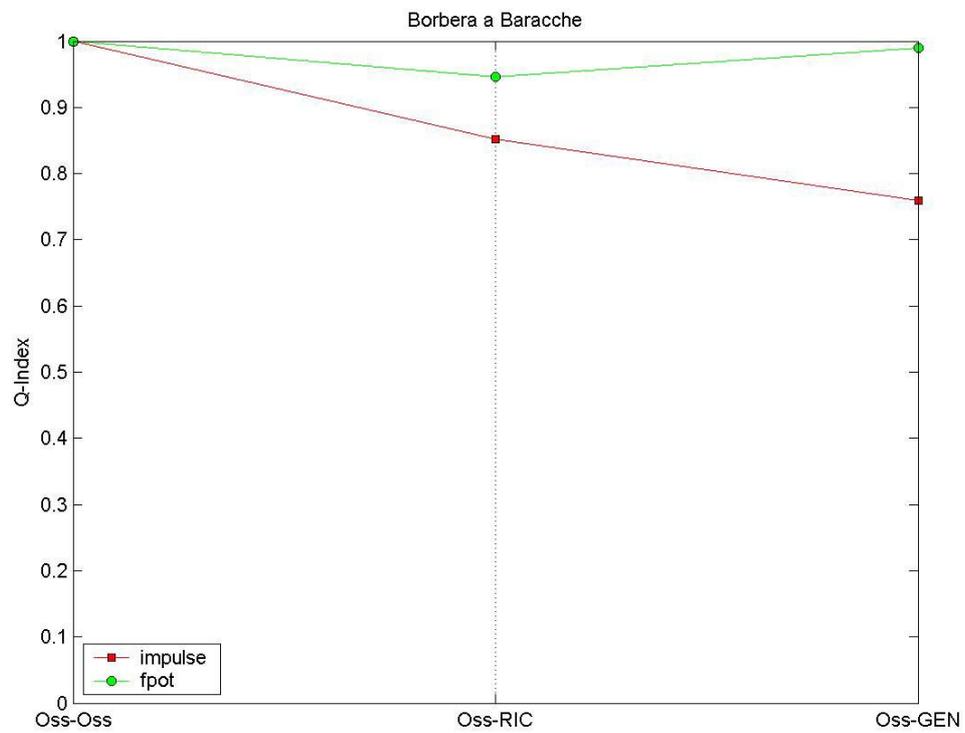


Caso stagionale

- Indice dei massimi annui Q_{INDEX}



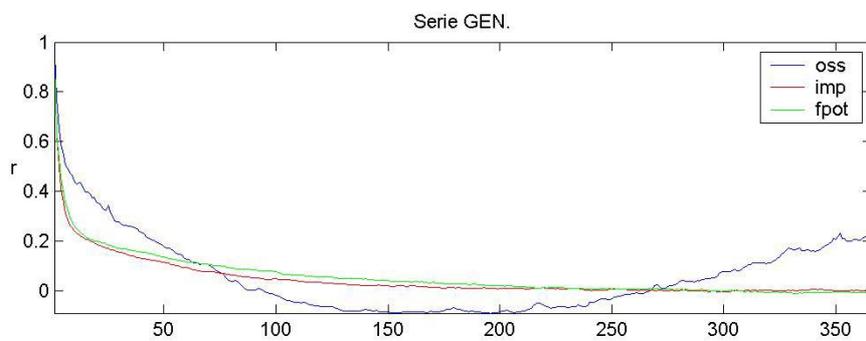
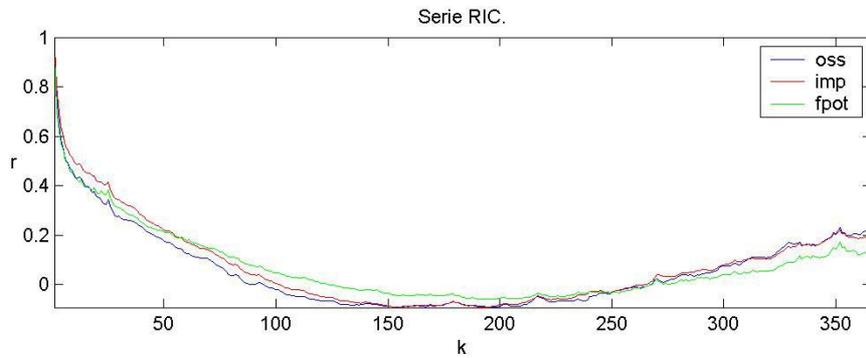
Caso annuale



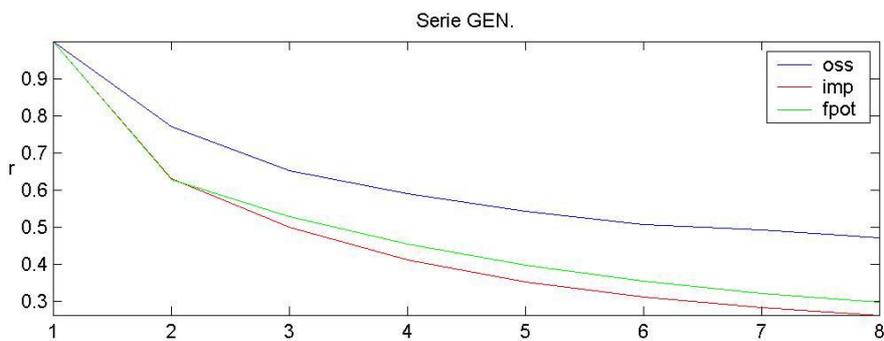
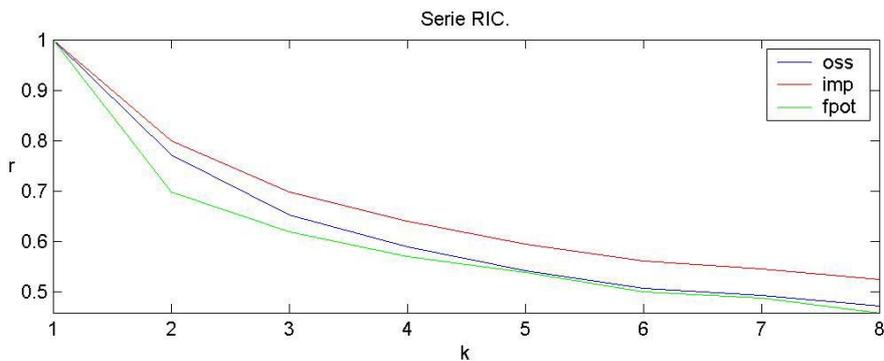
Caso stagionale

- Autocorrelazioni

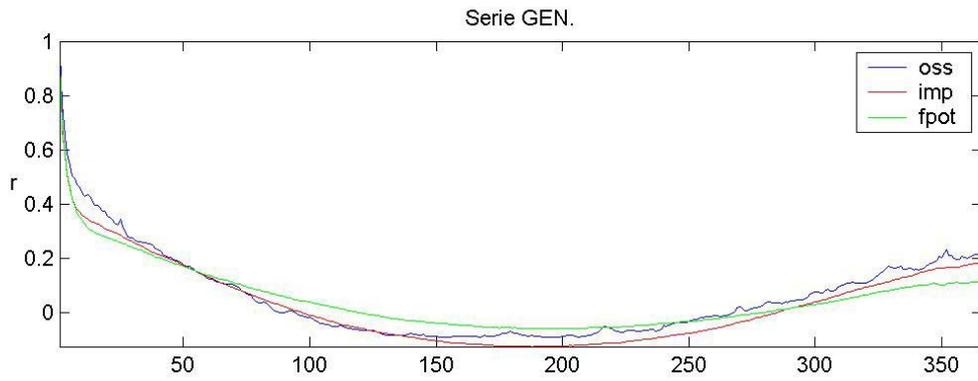
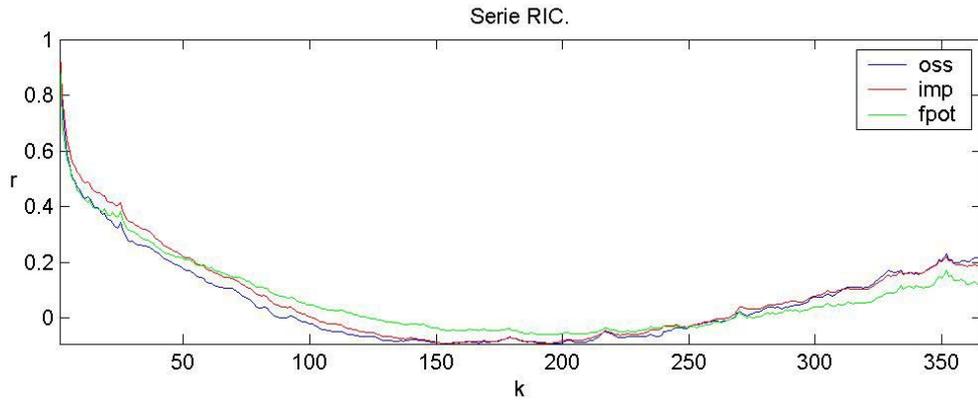
Curve di autocorrelazione dei deflussi valutate per k pari a 365 e 7 giorni. I deflussi sono calcolati a partire dai due tipi di input, quello relativo a parametri annuali e quello generato con parametri stagionali di 28 giorni.



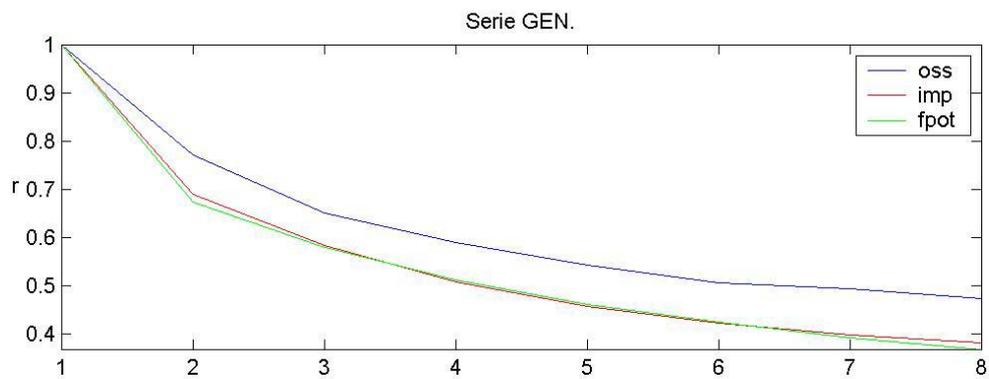
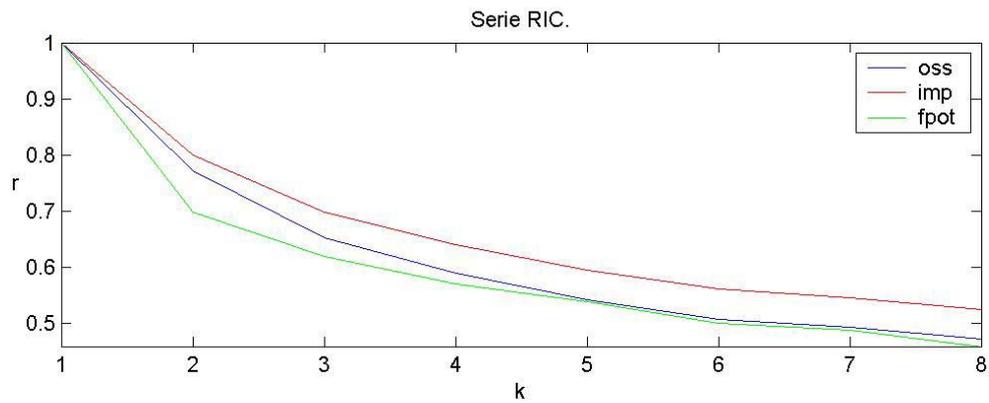
Caso annuale, $k = 365$ gg



Caso annuale, $k = 7$ gg



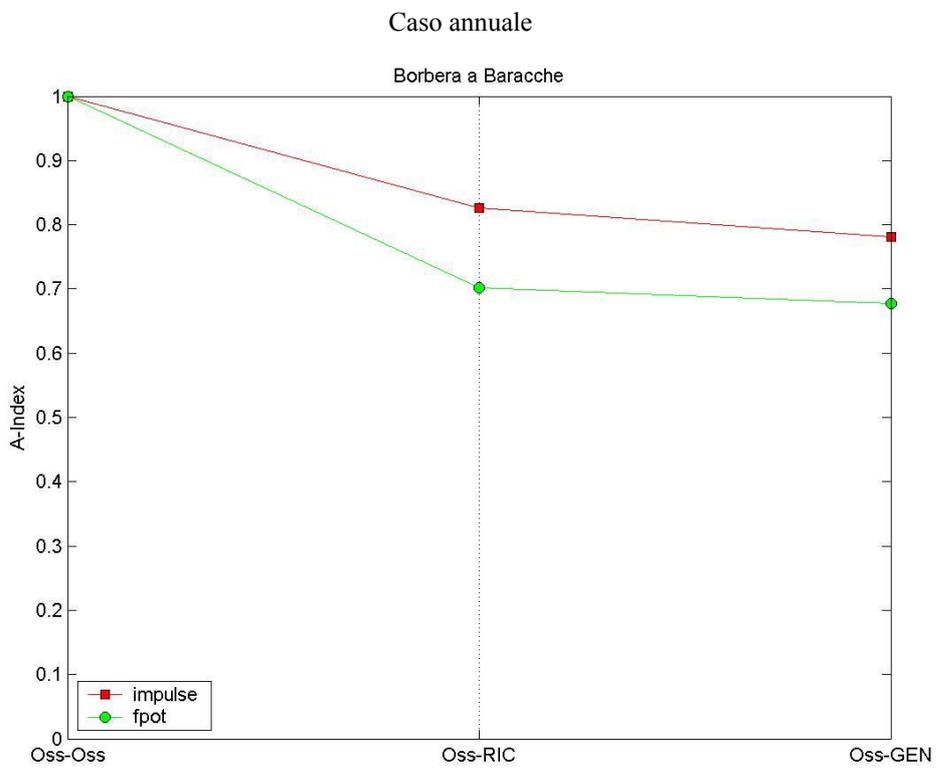
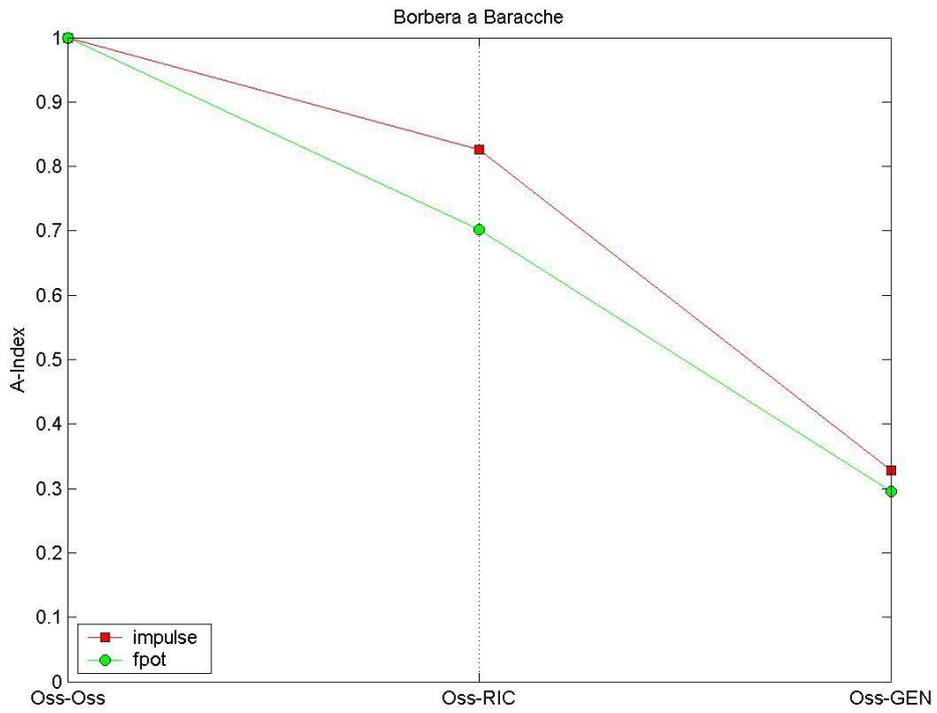
Caso stagionale, $k = 365$ gg



Caso stagionale, $k = 7$ gg

- A_{INDEX} (Indice delle autocorrelazioni)

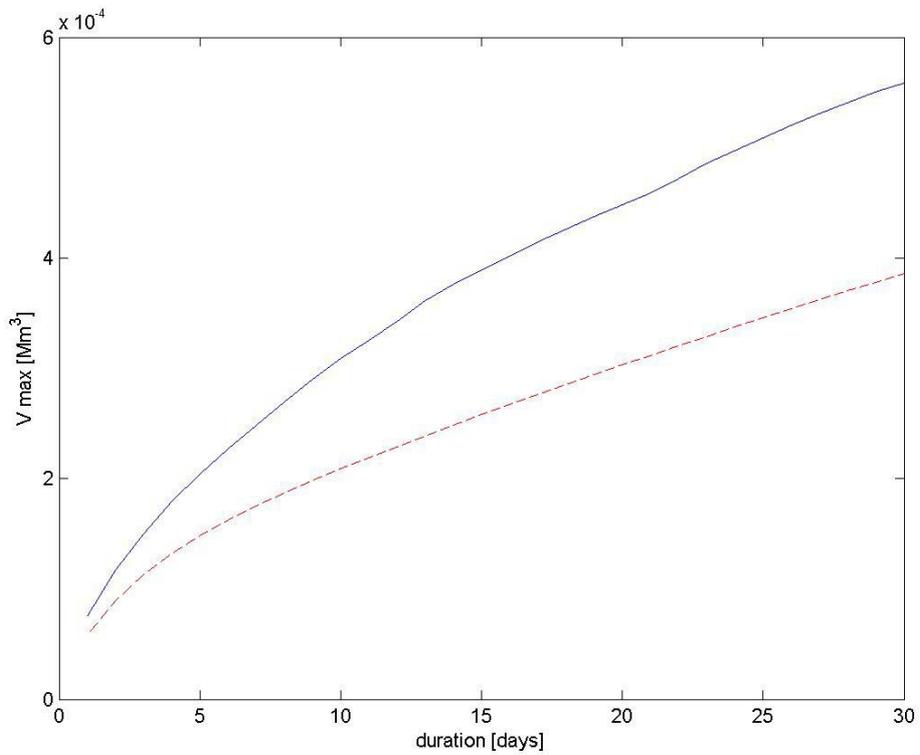
E' relativo alle serie delle autocorrelazioni dei deflussi con lag di 365 giorni.



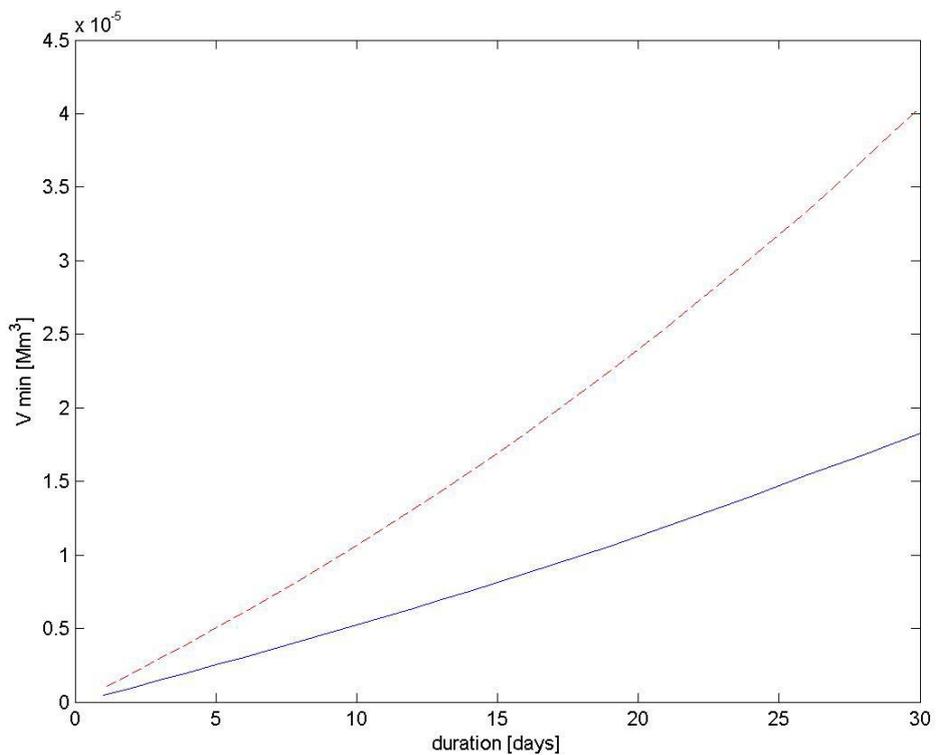
Caso stagionale

- Curve dei volumi massimi (minimi) medi annui

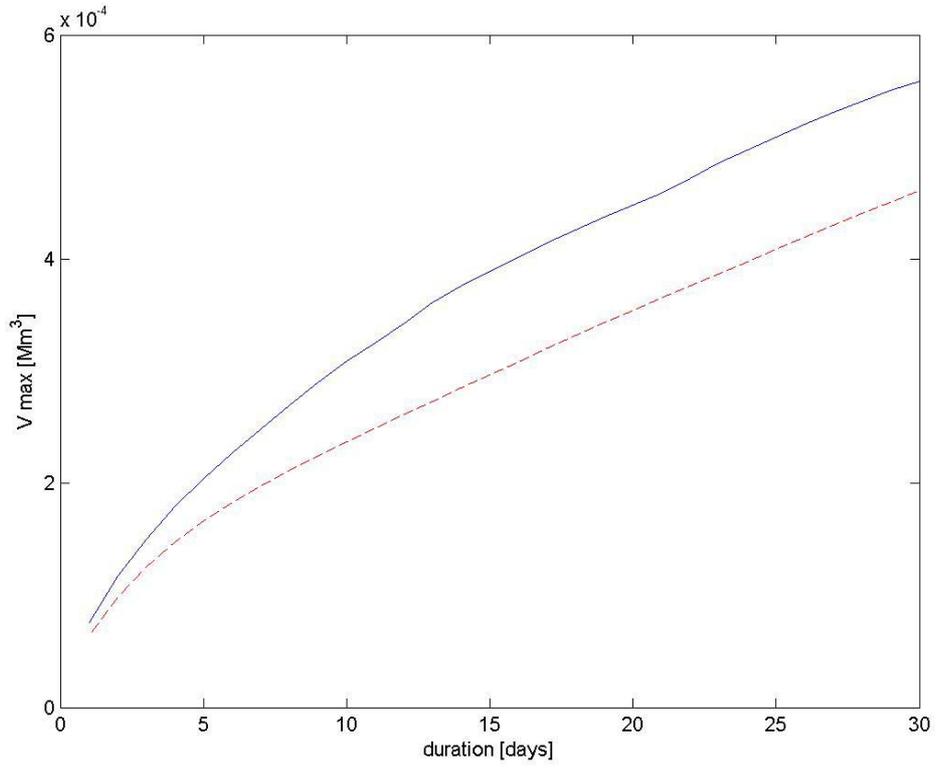
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



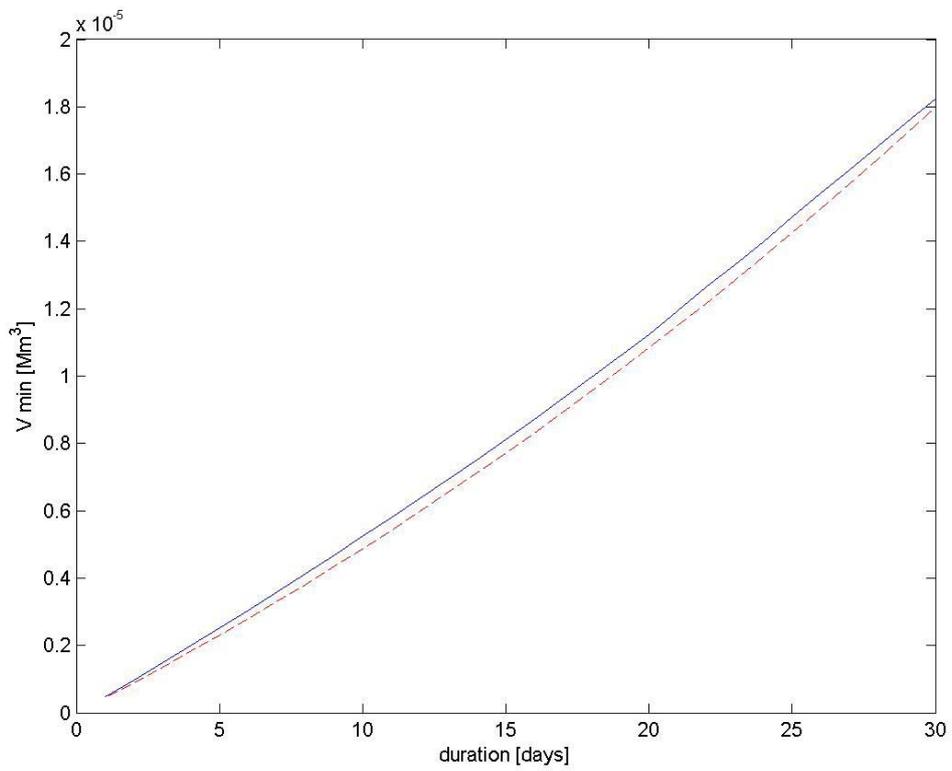
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale

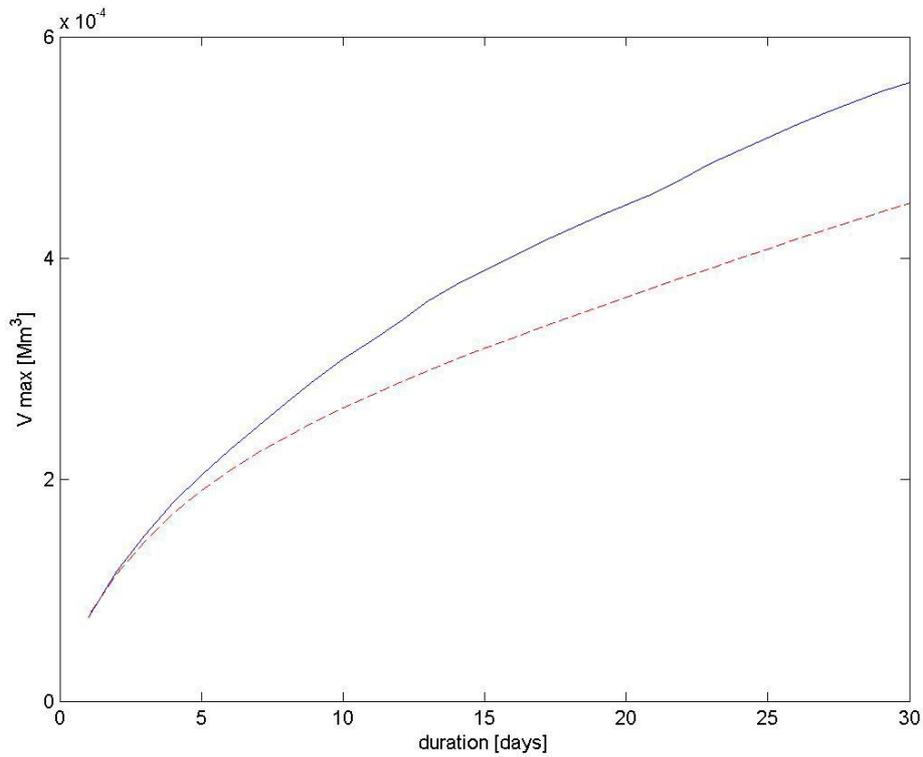


Serie dei V_{MAX} , caso stagionale

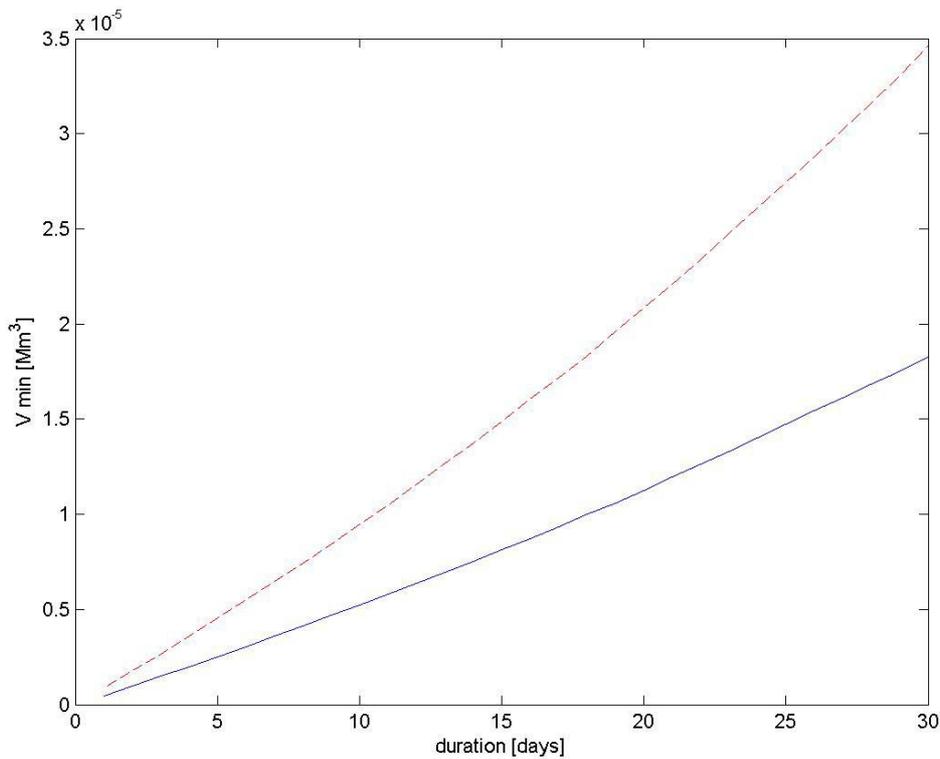


Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

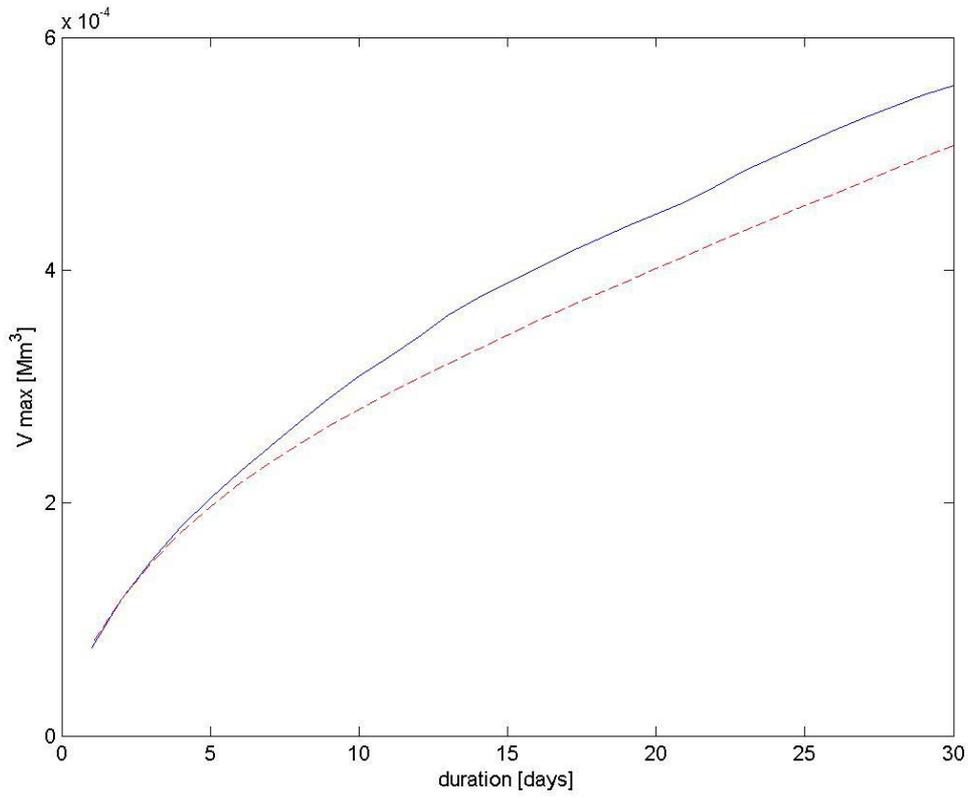
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



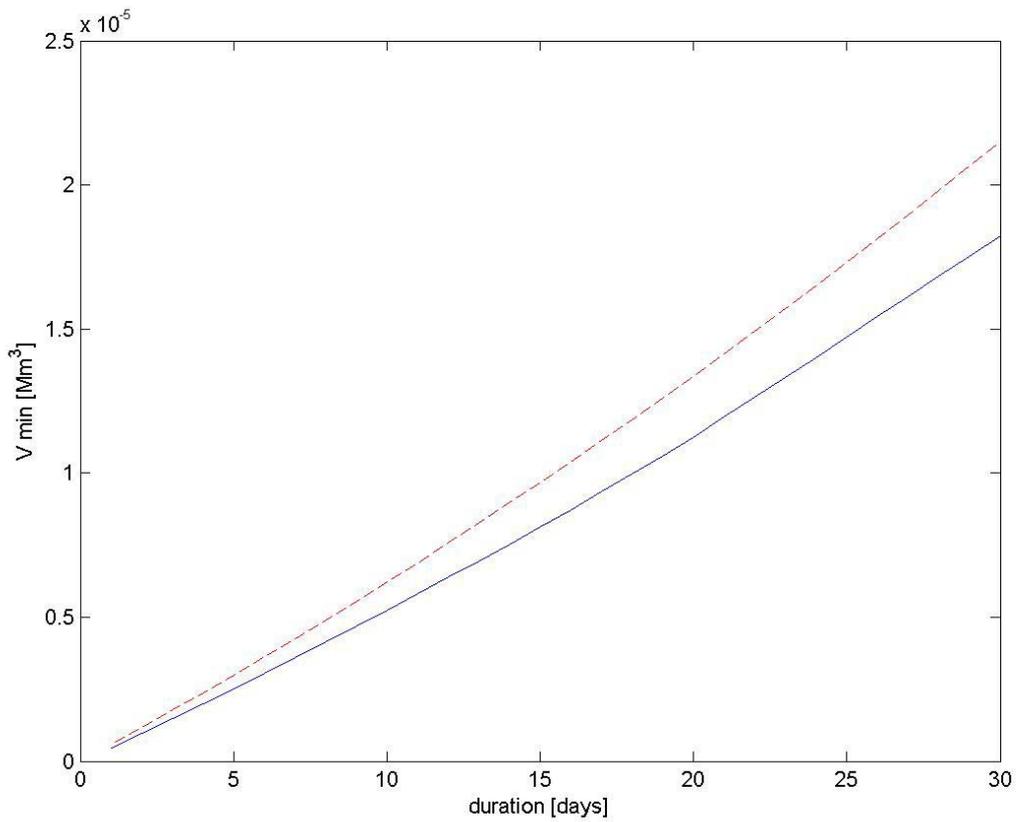
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale



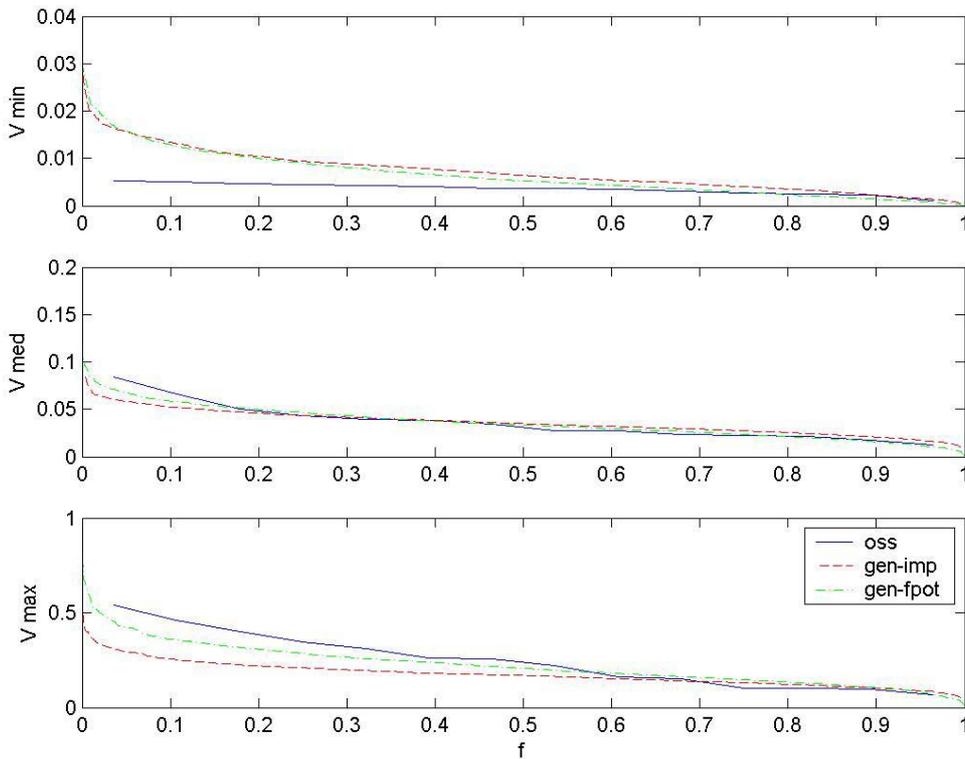
Serie dei V_{MAX} , caso stagionale



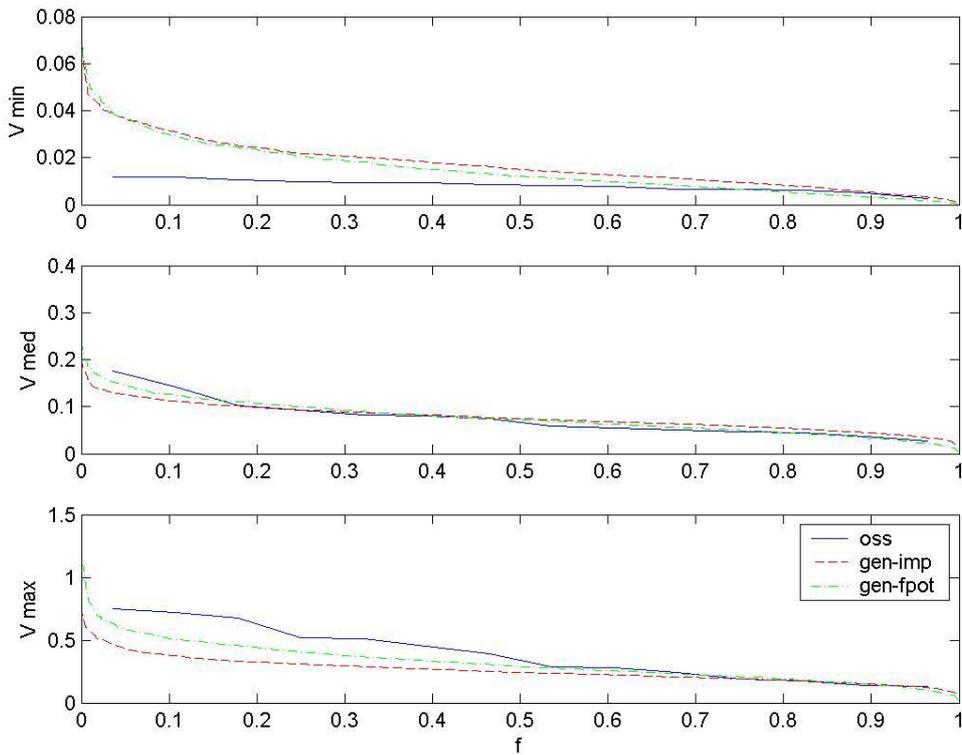
Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

- Curve di frequenza dei volumi

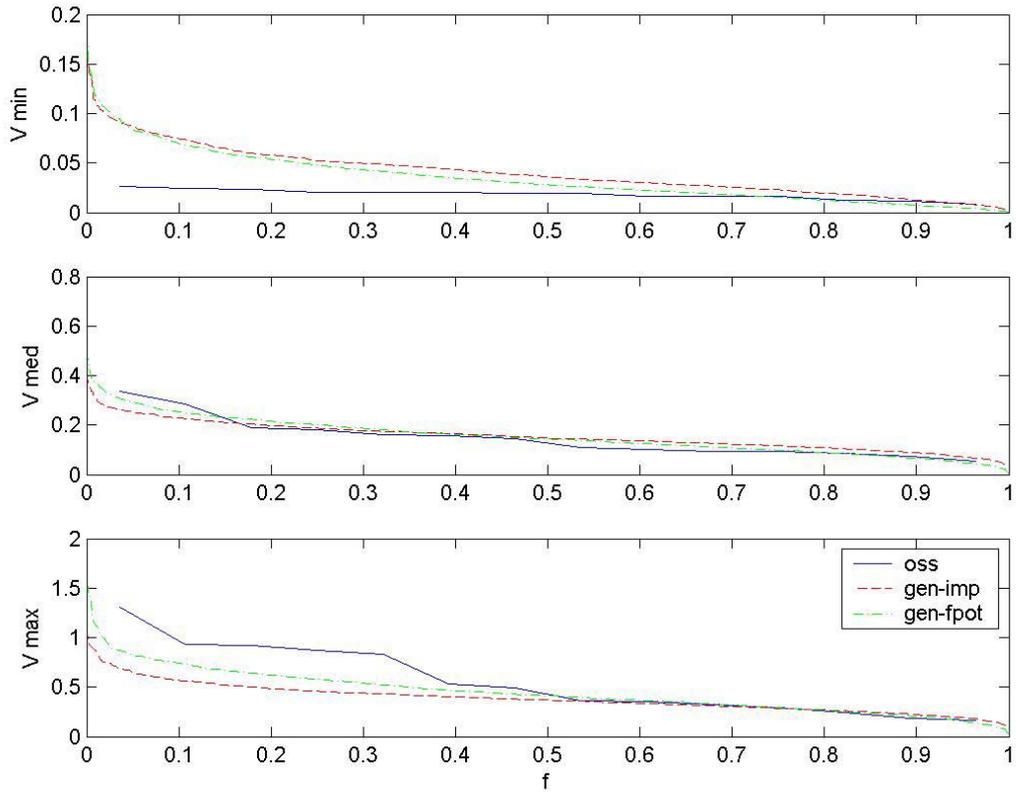
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di 7, 15 e 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni.



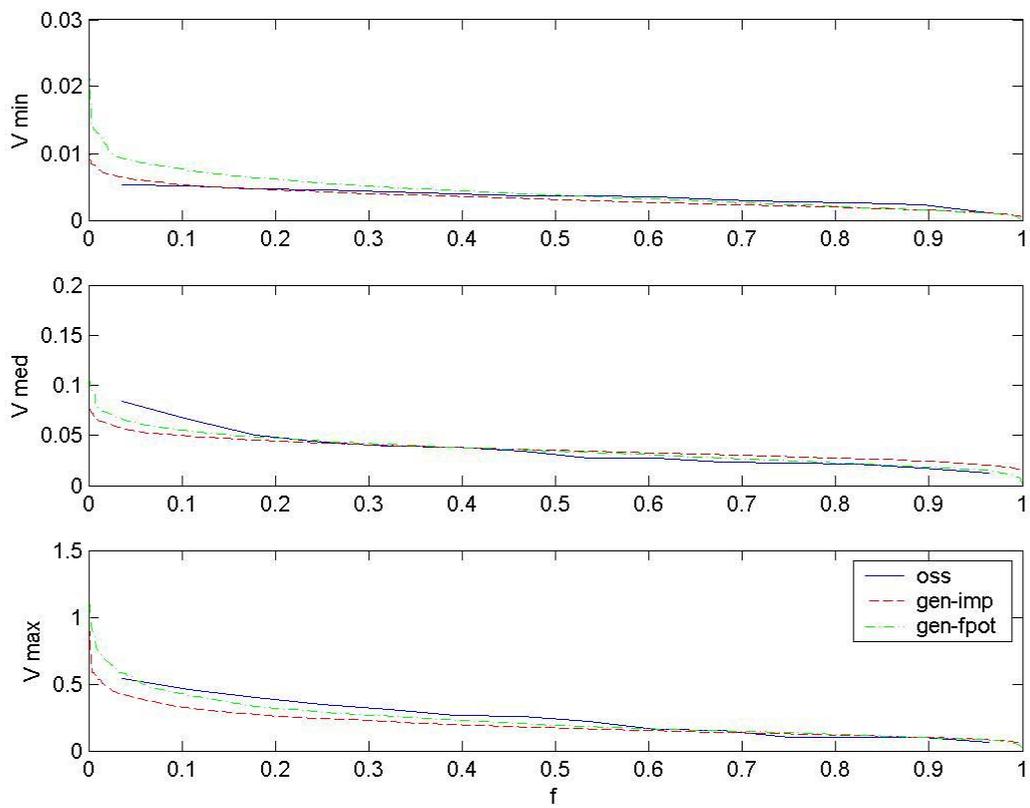
Caso annuale, finestra di integrazione di 7 giorni



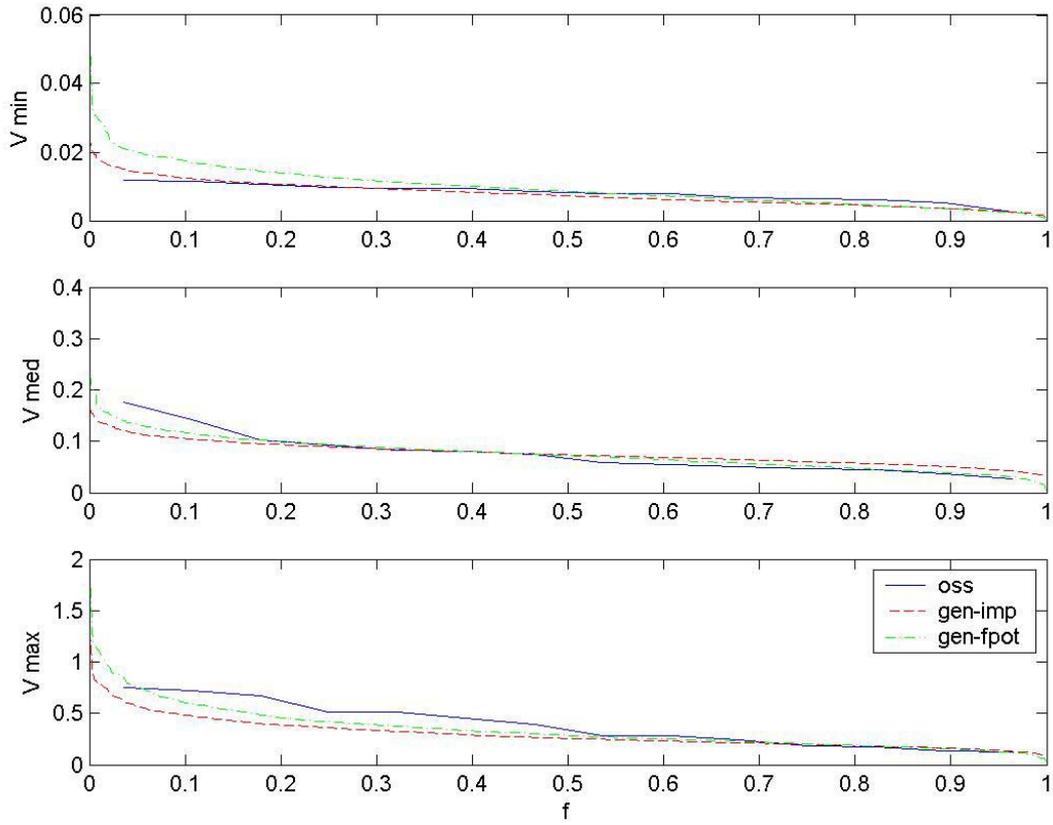
Caso annuale, finestra di integrazione di 15 giorni



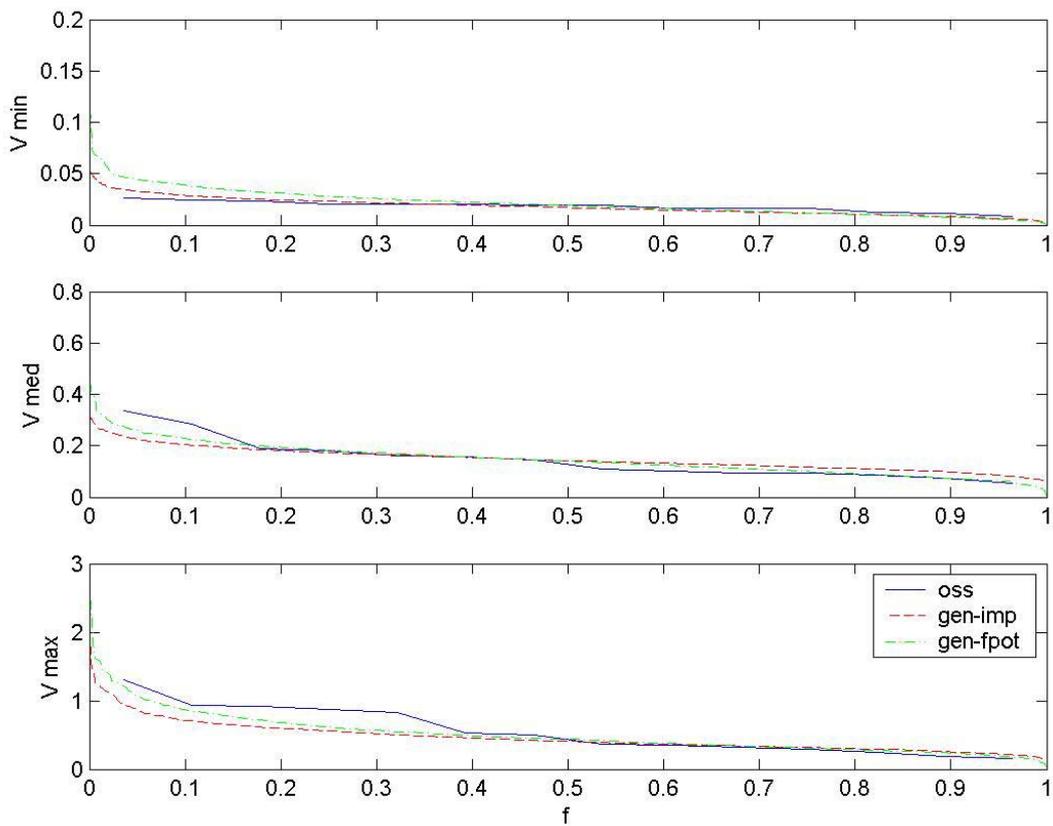
Caso annuale, finestra di integrazione di 30 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 7 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 15 giorni



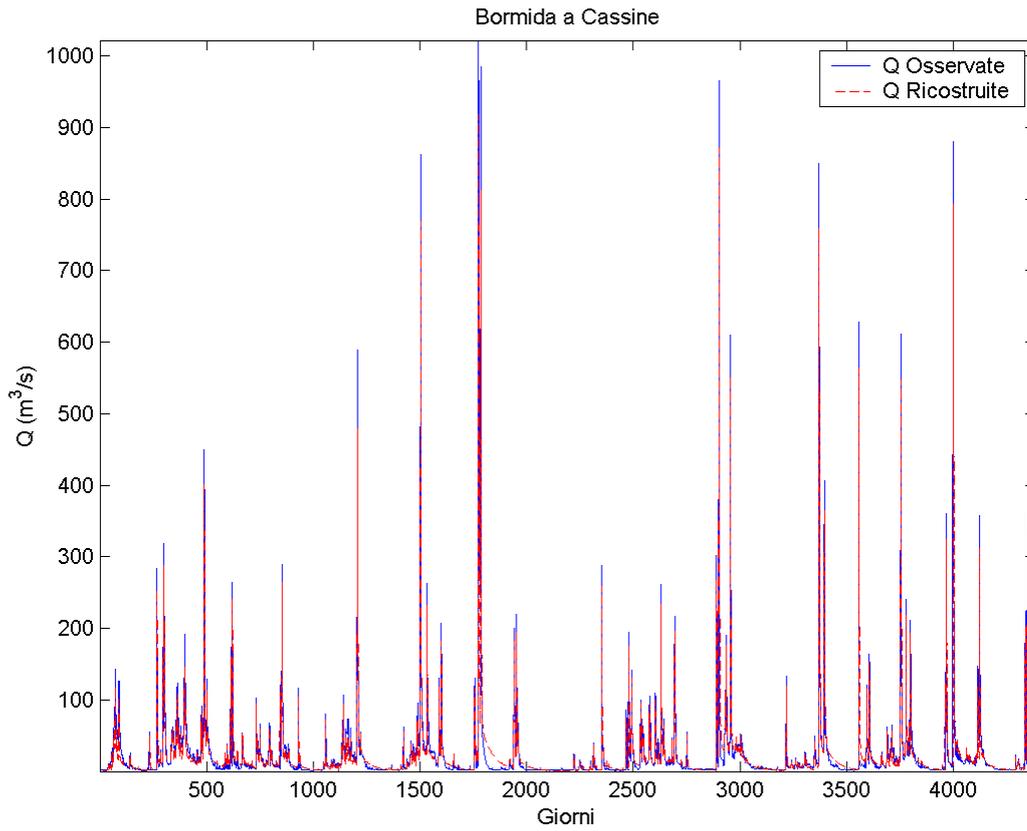
Caso stagionale, finestra di integrazione di 30 giorni

B.3 Bormida a Cassine

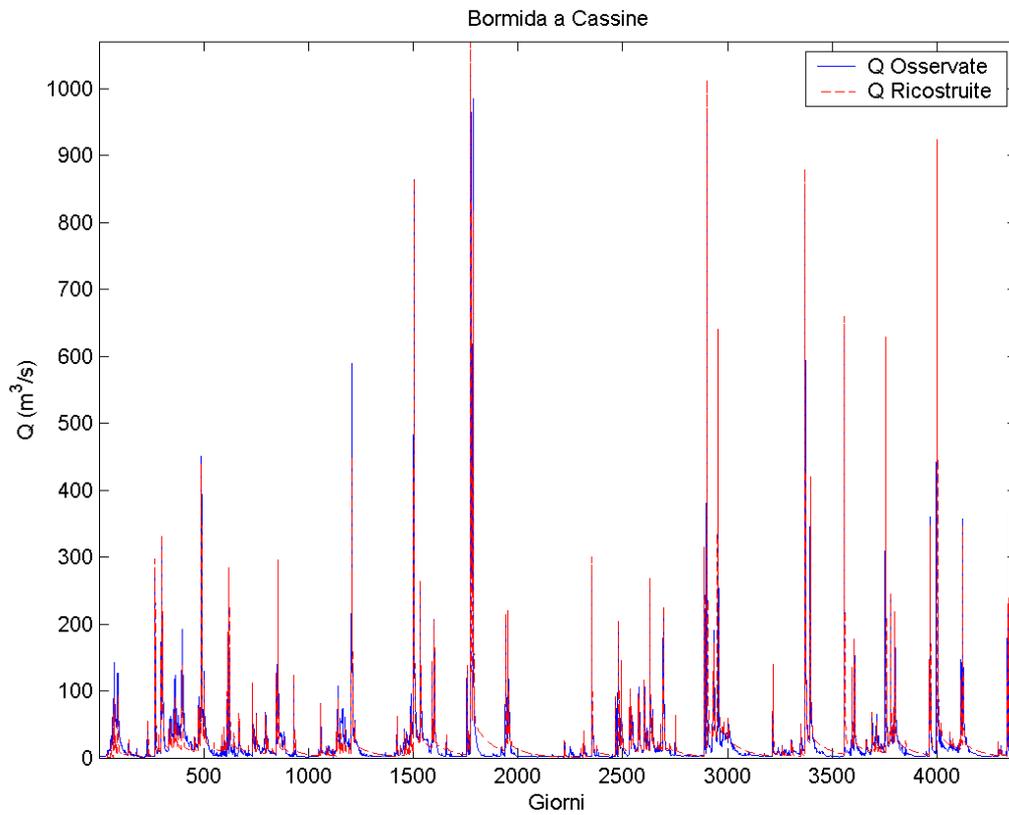
B.3.1 Parametri del modello Shot Noise

Shot Noise con input iniziale <i>impulse</i>	Shot Noise con input iniziale <i>spot</i> *
Cod.: 4	Cod.: 4
Bacino: Bormida a Cassine	Bacino: Bormida a Cassine
$R^2 = 0.8976$ Int h = 0.9990	$R^2 = 0.7335$ Int h = 0.9990
----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----	----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----
c0 (-) 0.1240	c0 (-) 0.1239
c1 (-) 0.4820	c1 (-) 0.3814
c2 (-) 0.3941	c2 (-) 0.4947
k1 (gg) 2.1968	k1 (gg) 2.4523
k2 (gg) 55.8243	k2 (gg) 89.0965
----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 335	----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 550

* si intende privo del processo di deconvoluzione



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “impulse”



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “fpot”

B.3.2 Serie sintetiche

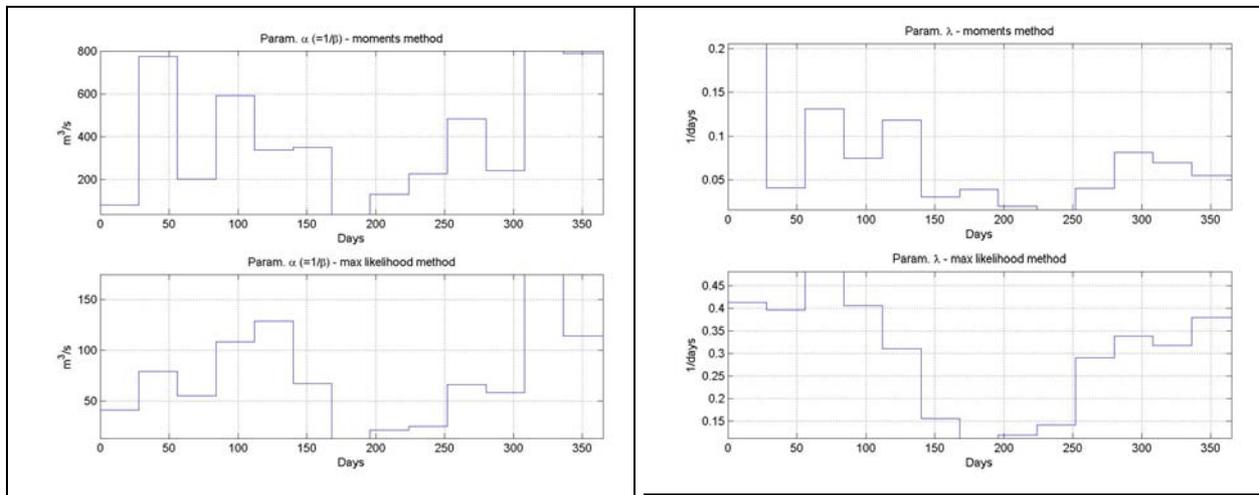
- Parametri del modello di generazione

Bacino: Bormida a Cassine
 Tipo input iniziale: impulse

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0454
 alfa = 534.6763

Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".



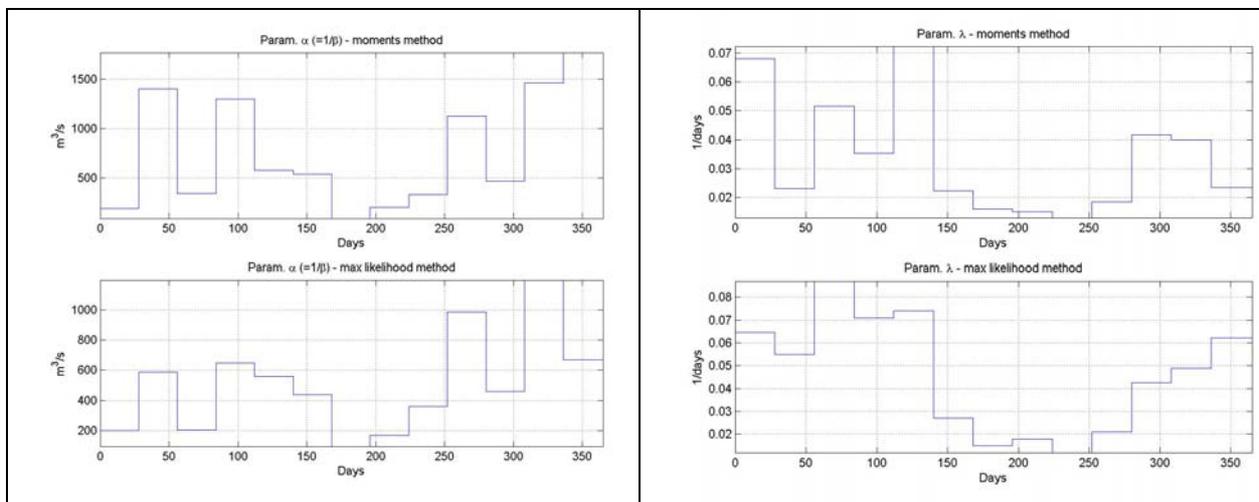
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".

Bacino: Bormida a Cassine
 Tipo input iniziale: fpot

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0221
 alfa = 1.0839e+003

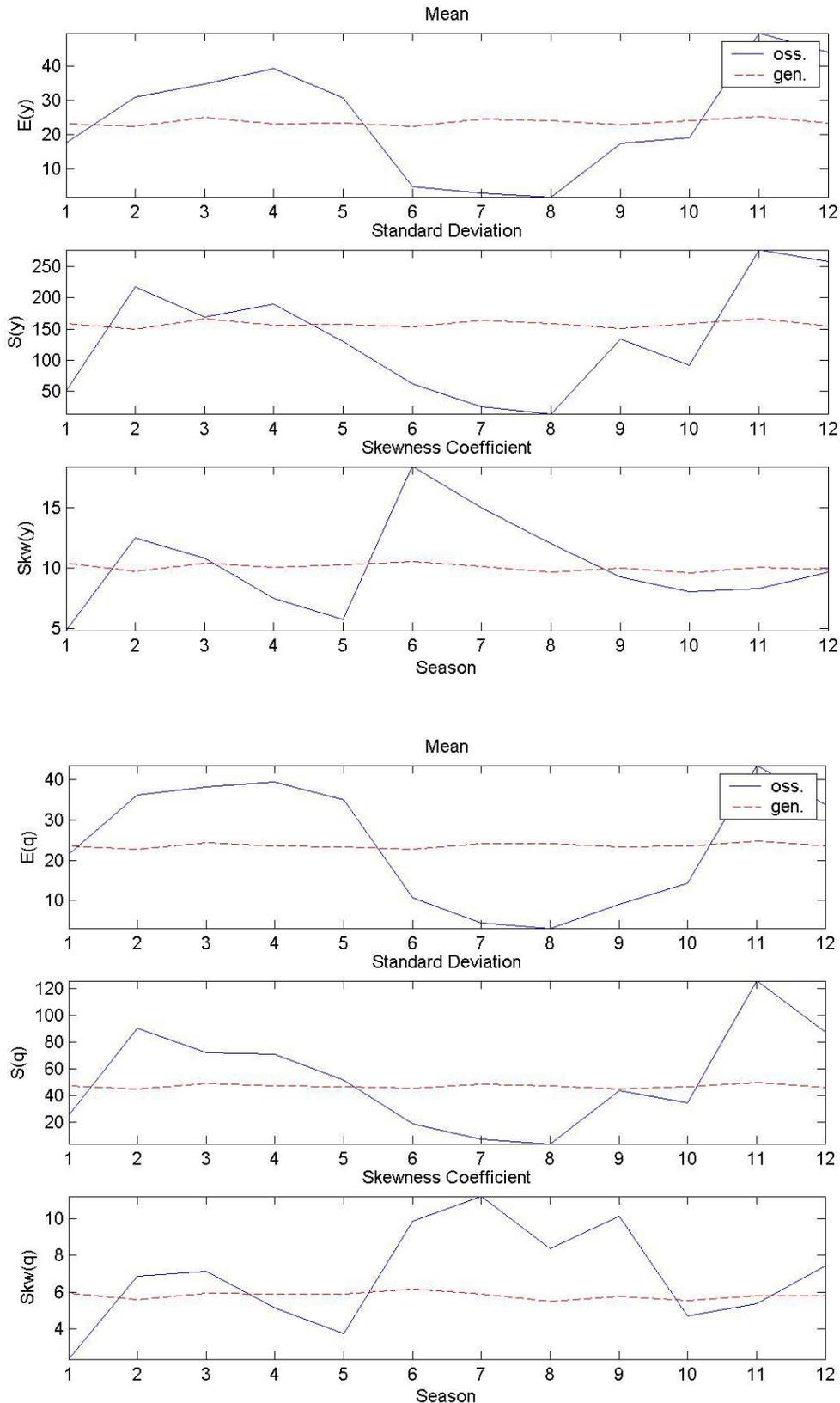
Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".



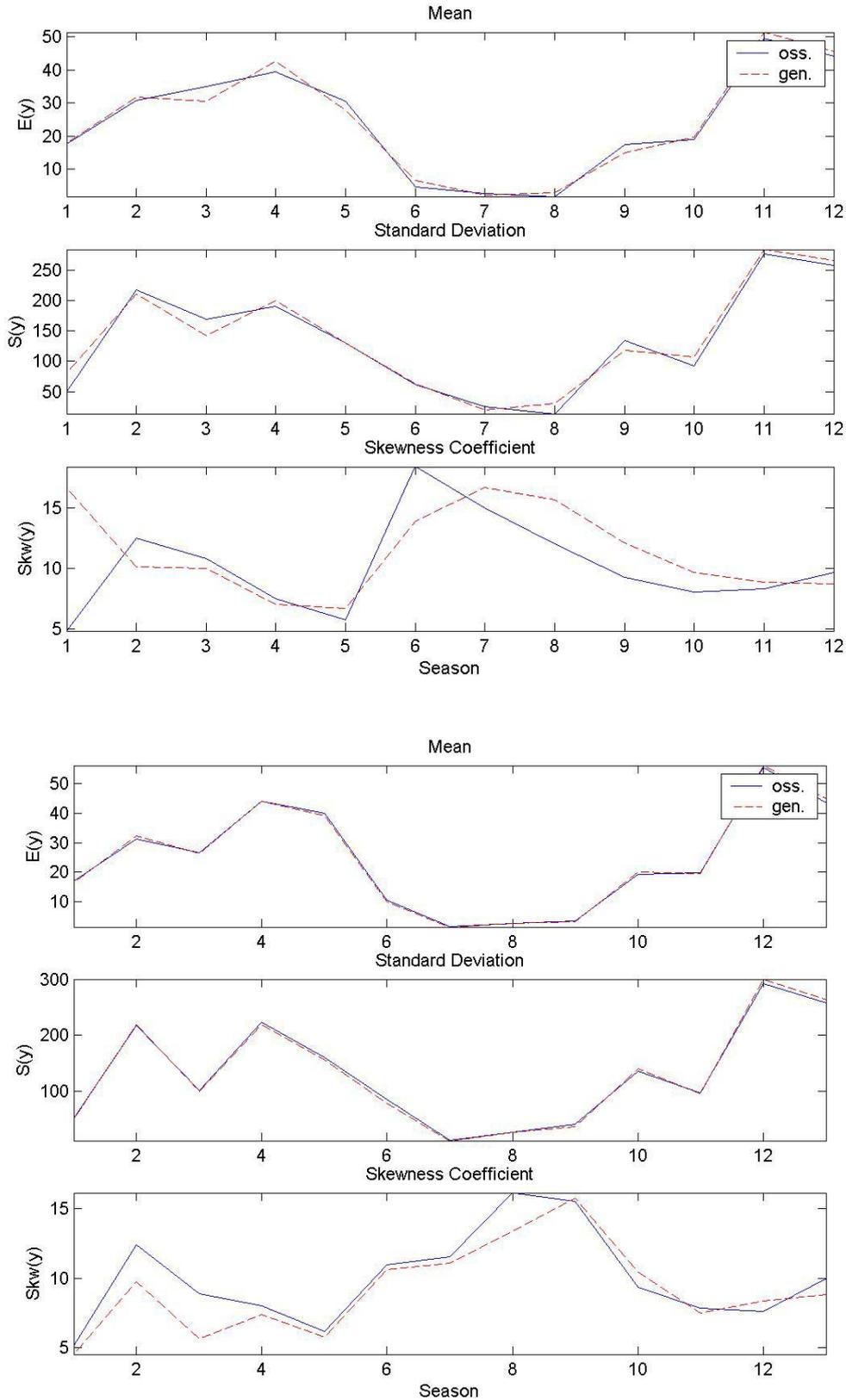
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".

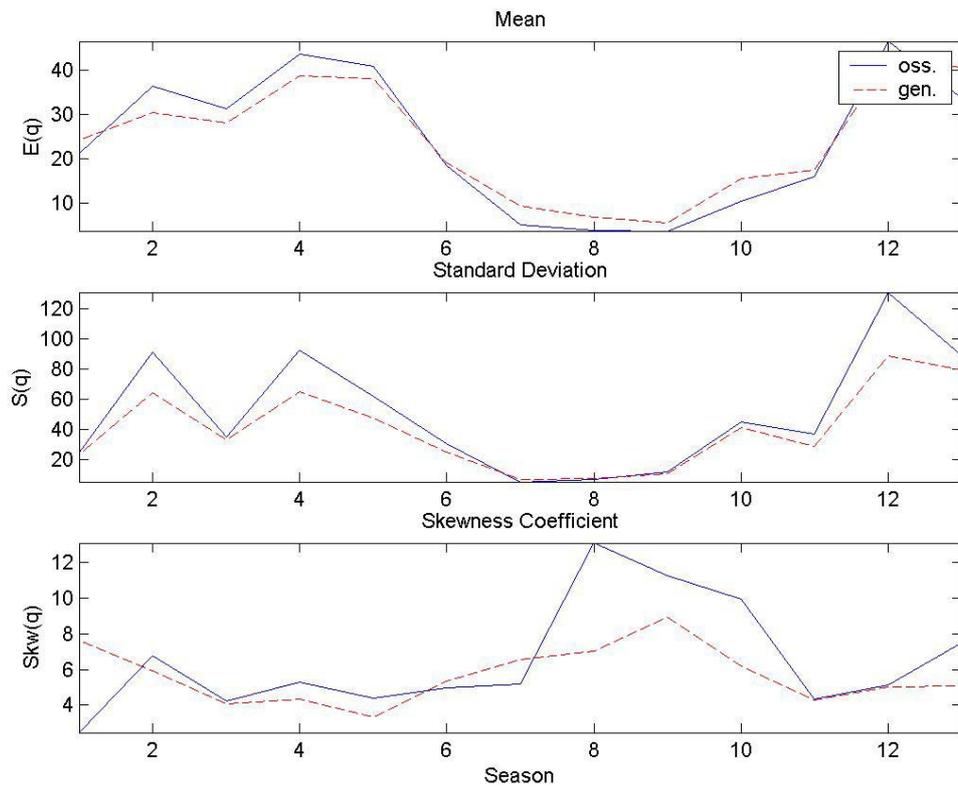
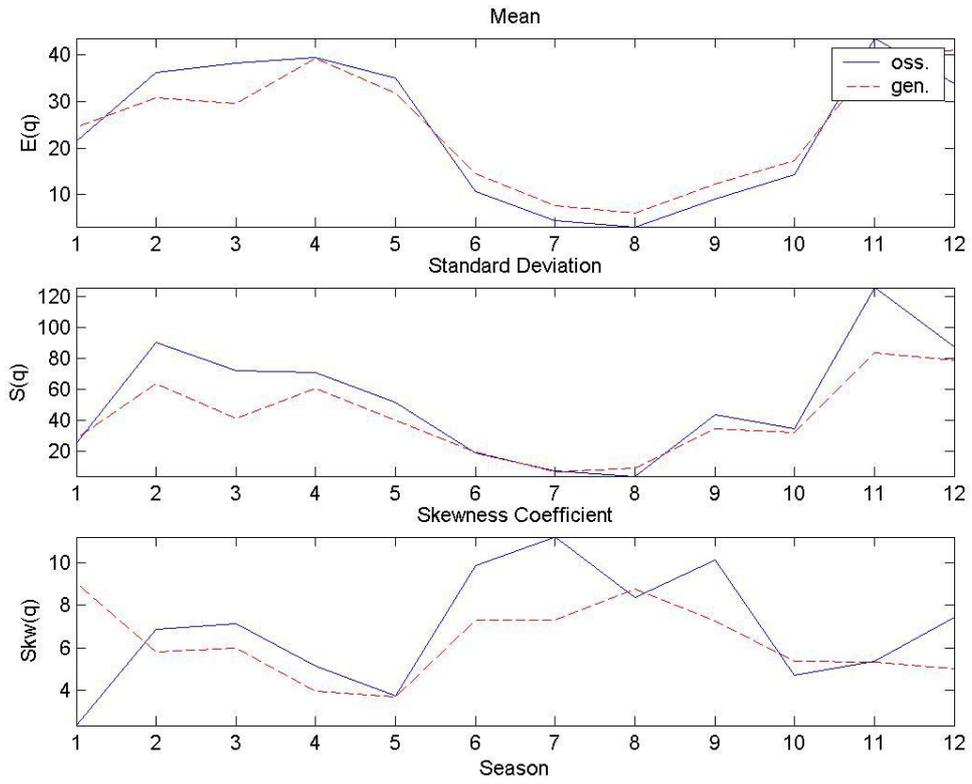
- Statistiche a confronto delle serie osservate e generate

Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.

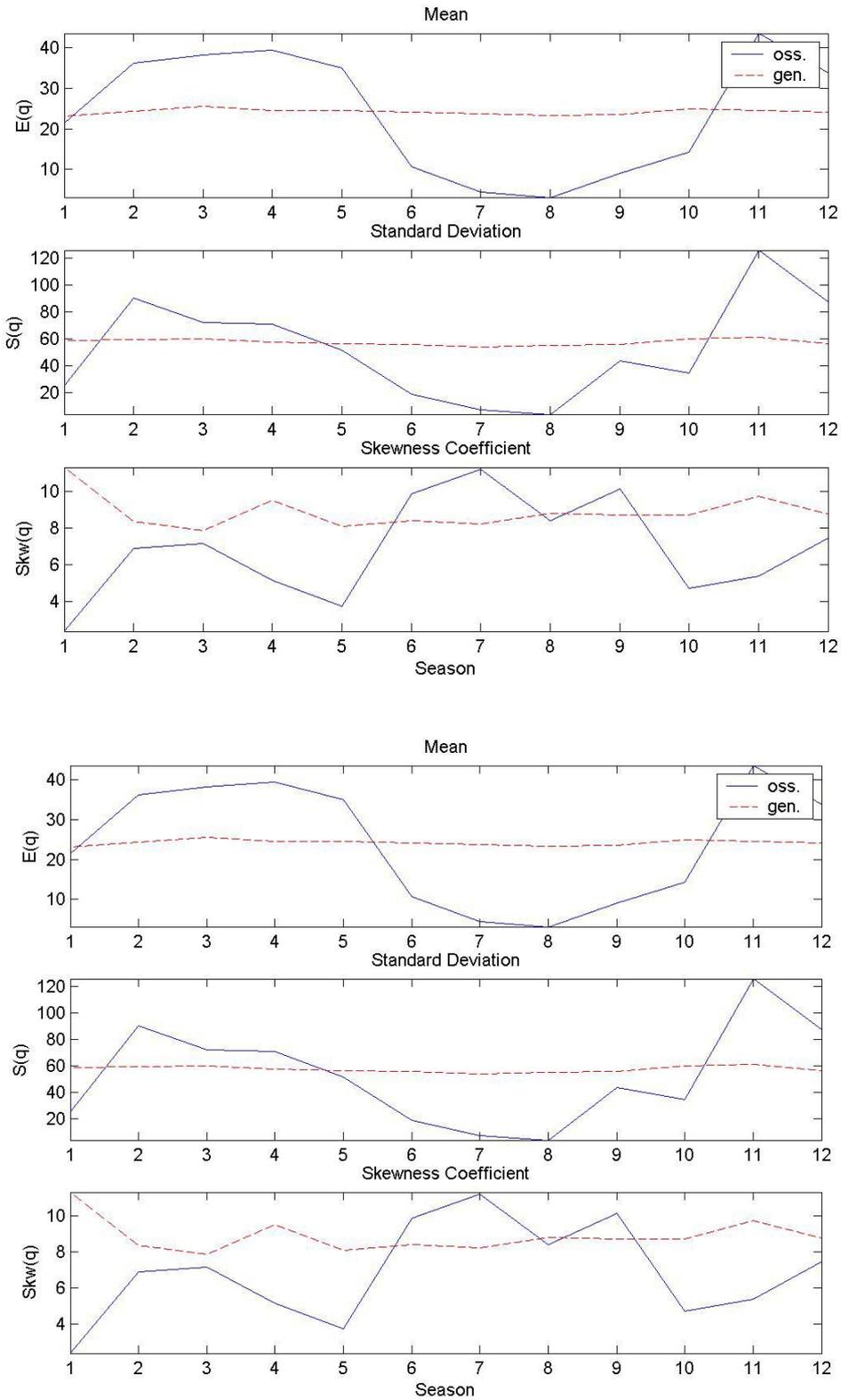


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.

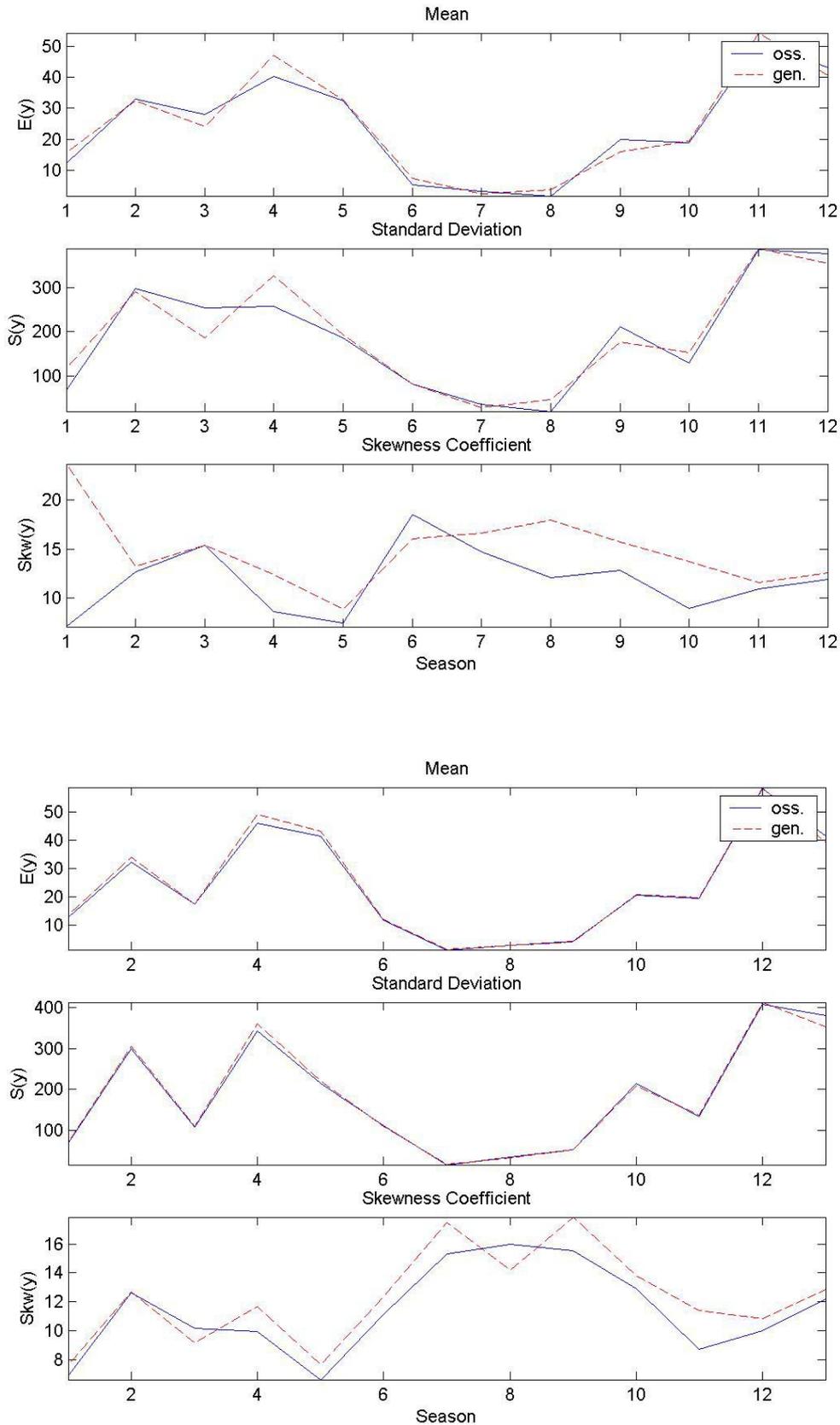


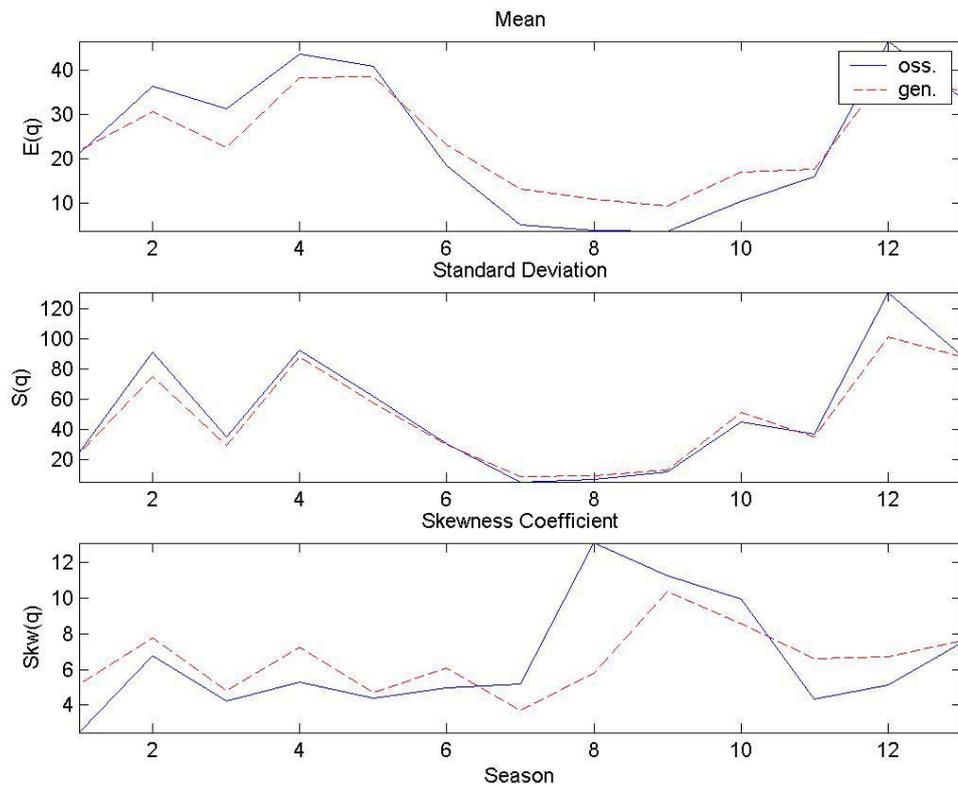
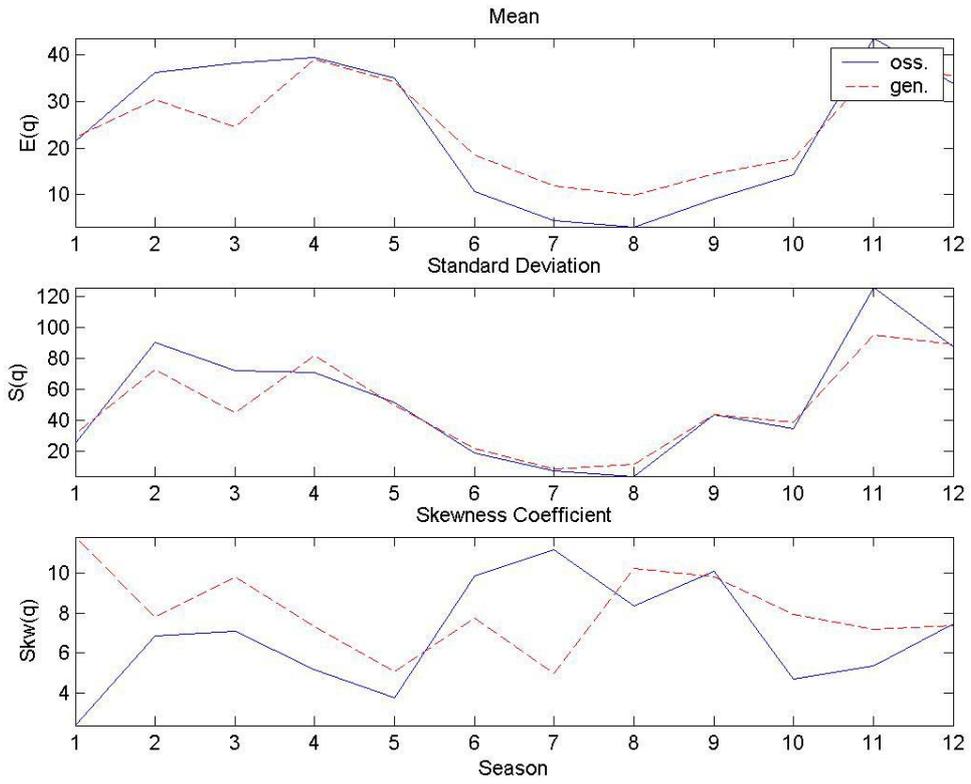


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.



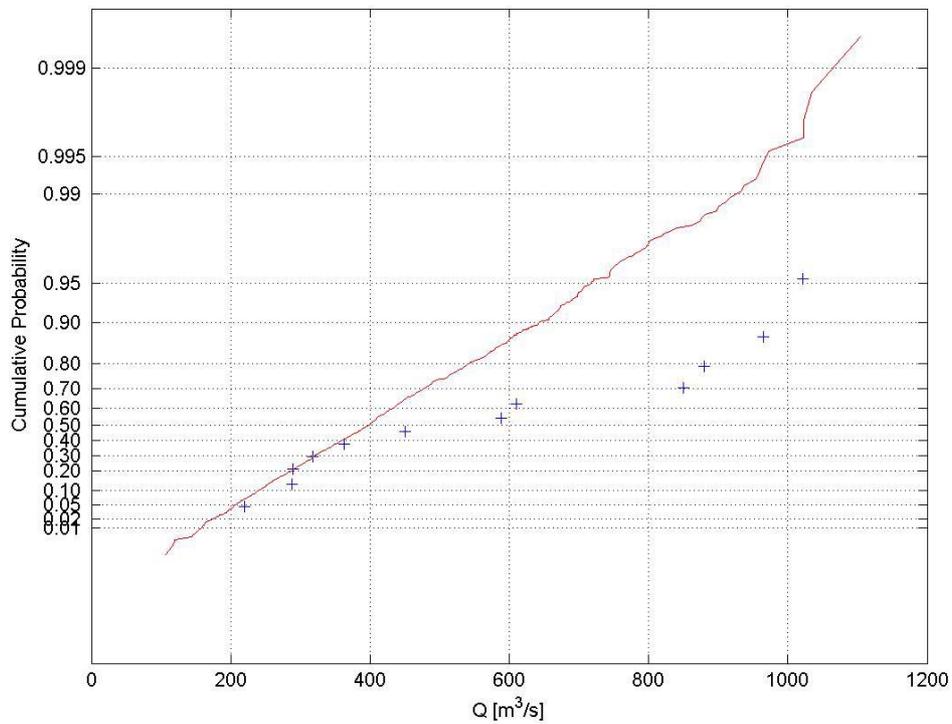
Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.



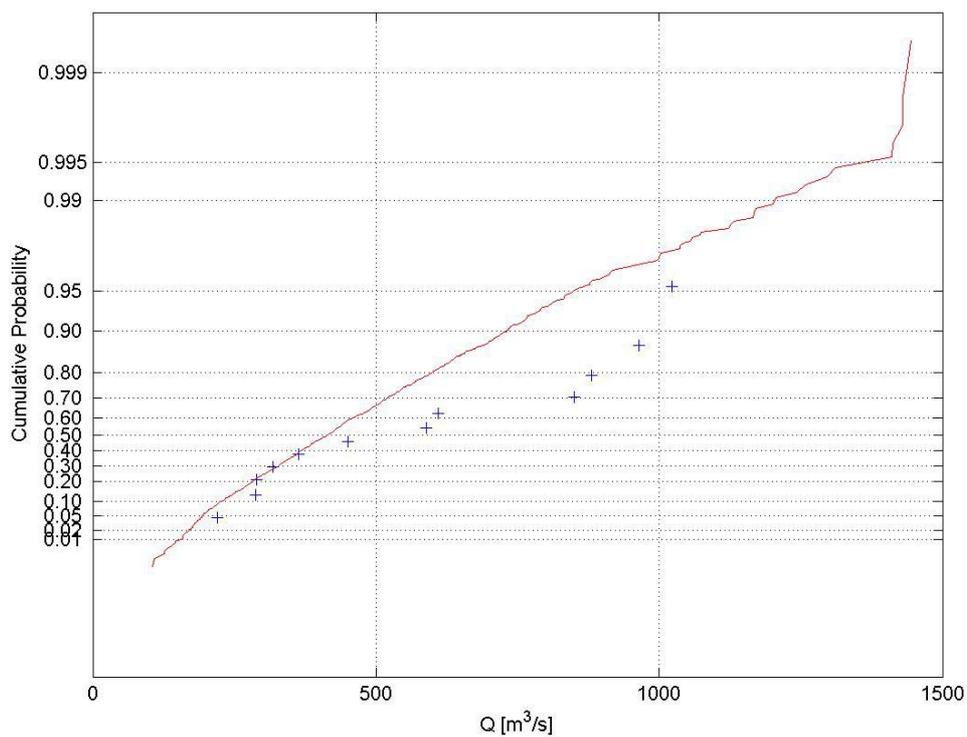


- Serie dei massimi annui su carta probabilistica di Gumbel

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)

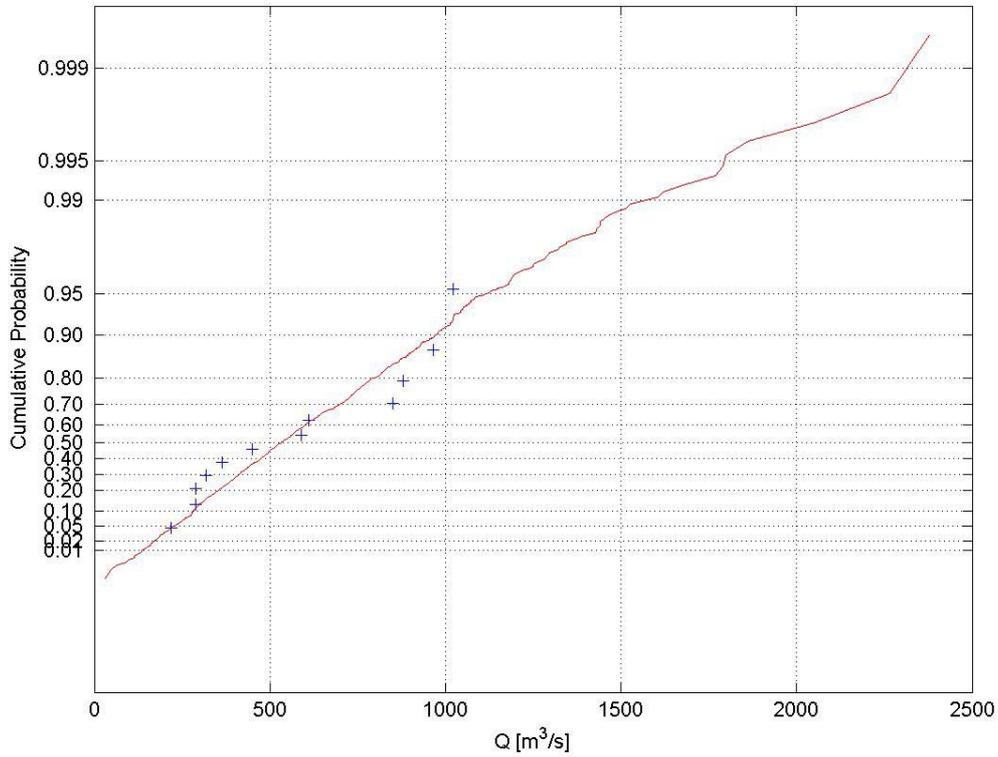


Caso annuale

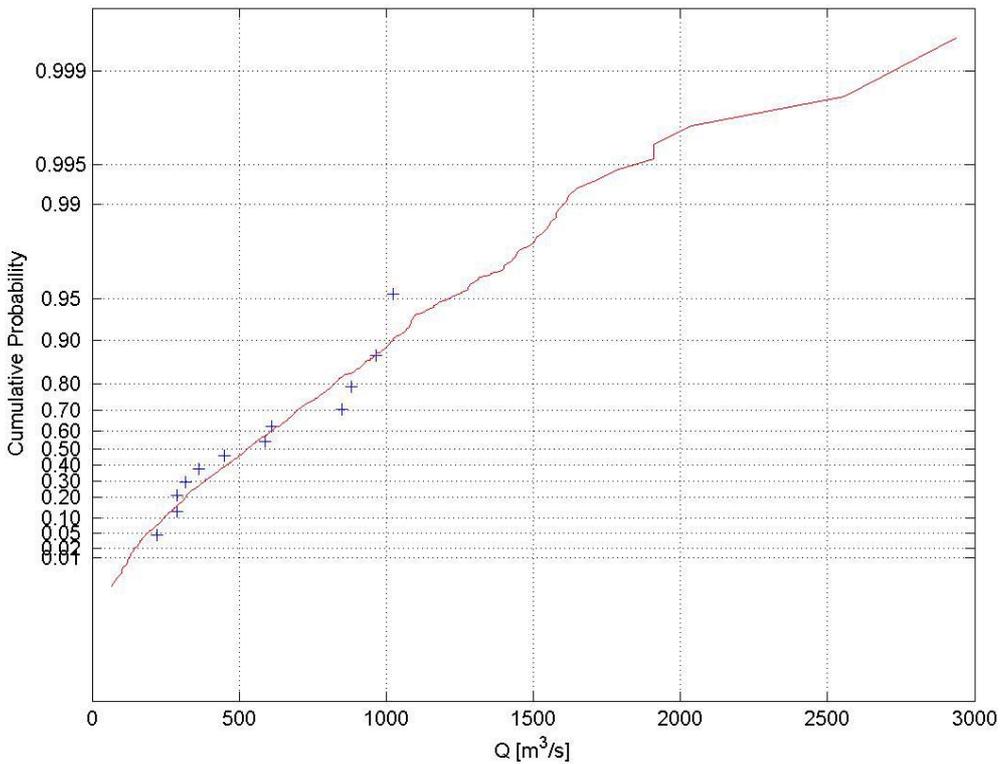


Caso stagionale

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)



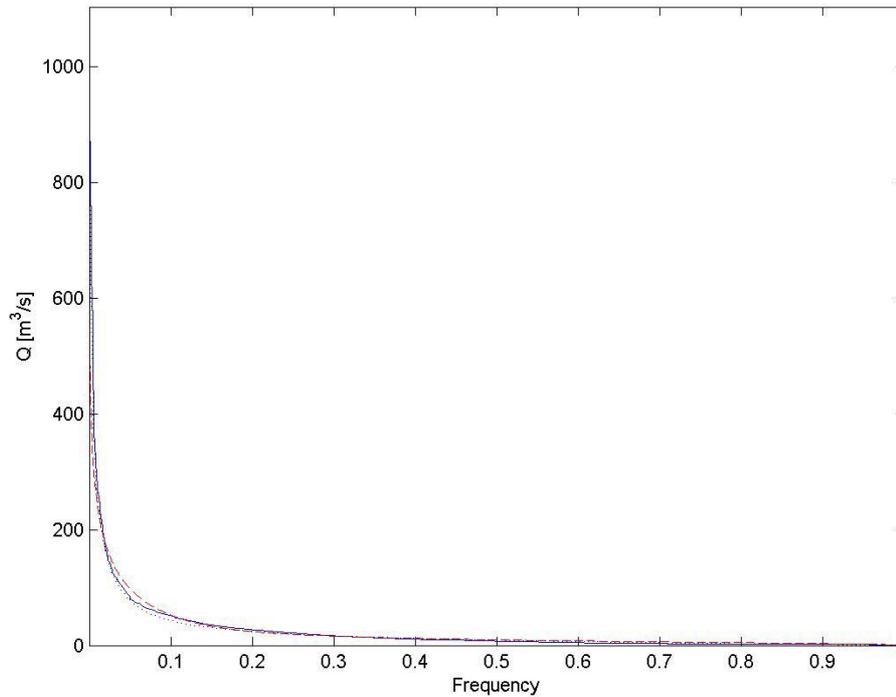
Caso annuale



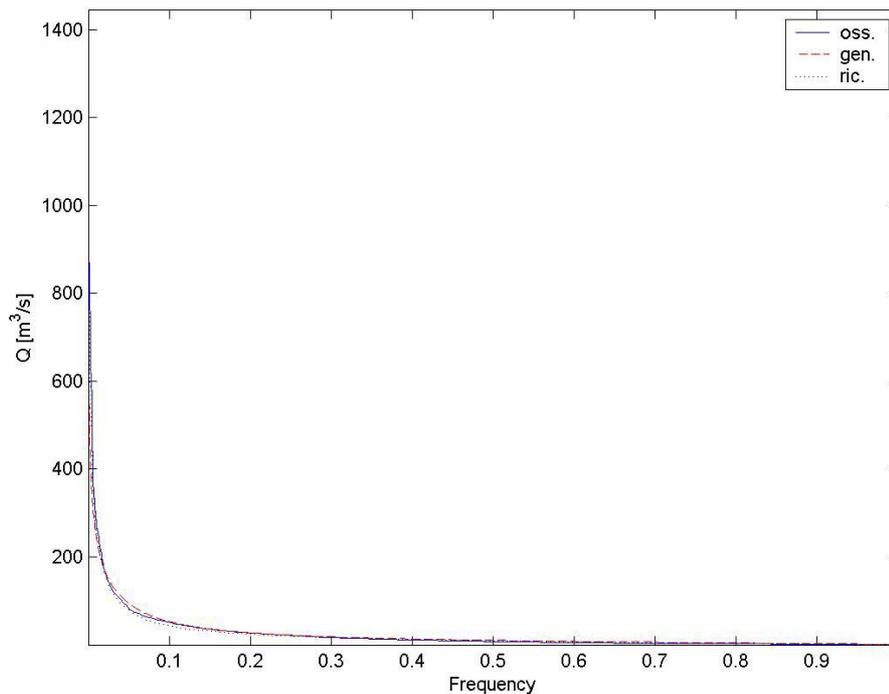
Caso stagionale

- Curva di durata delle portate

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate e puntinata per le ricostruite)

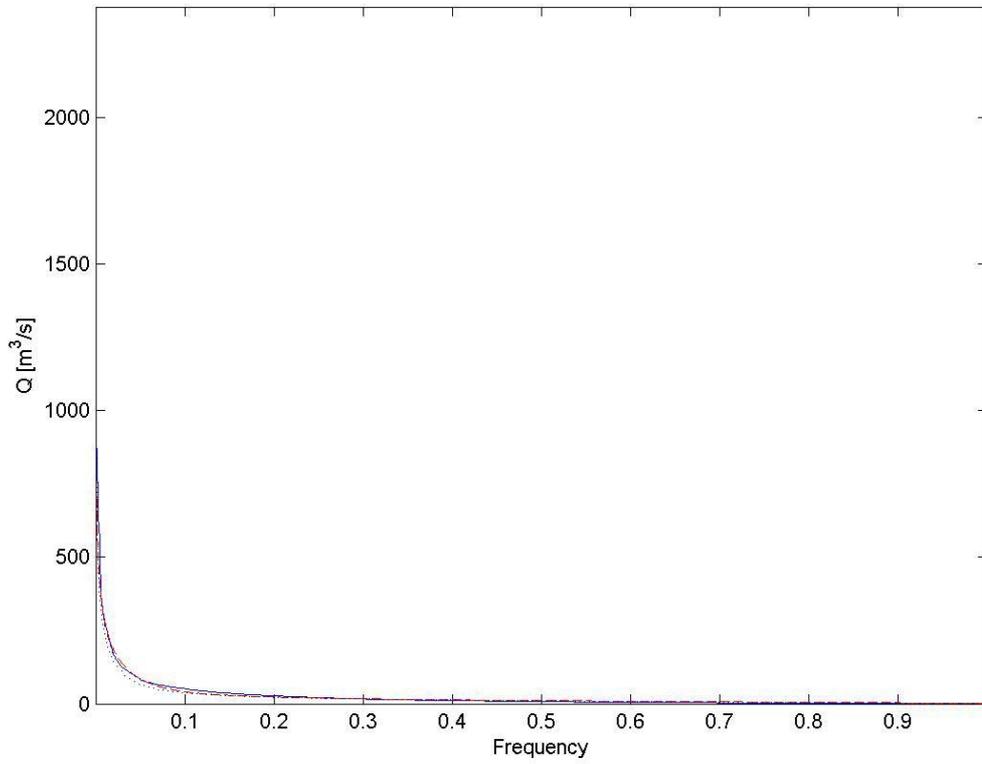


Caso annuale

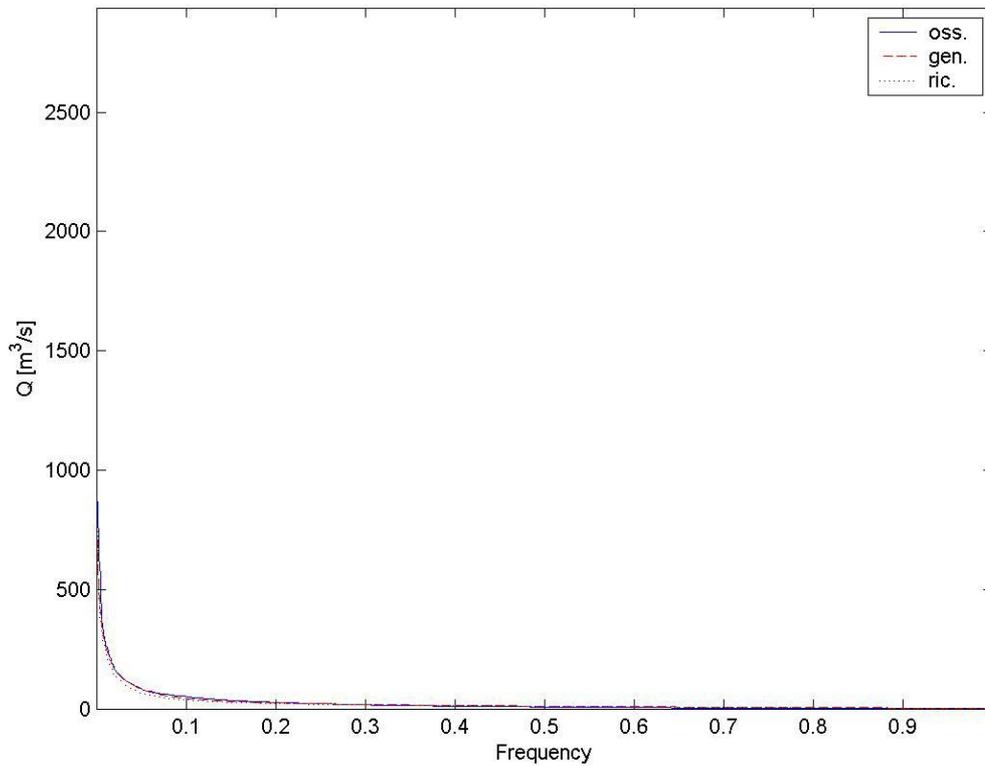


Caso stagionale

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot".

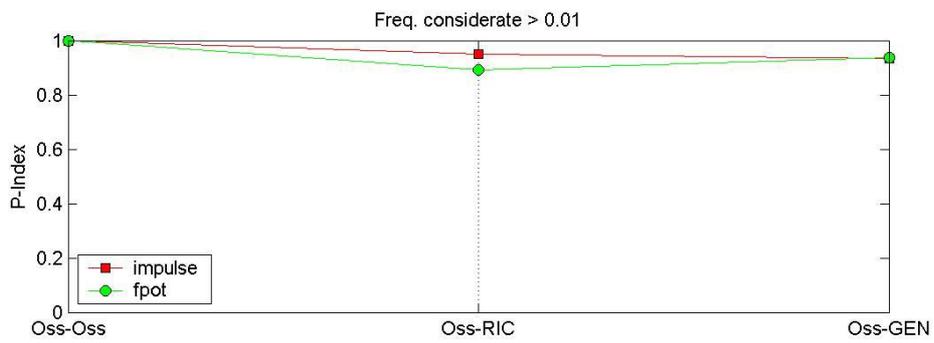
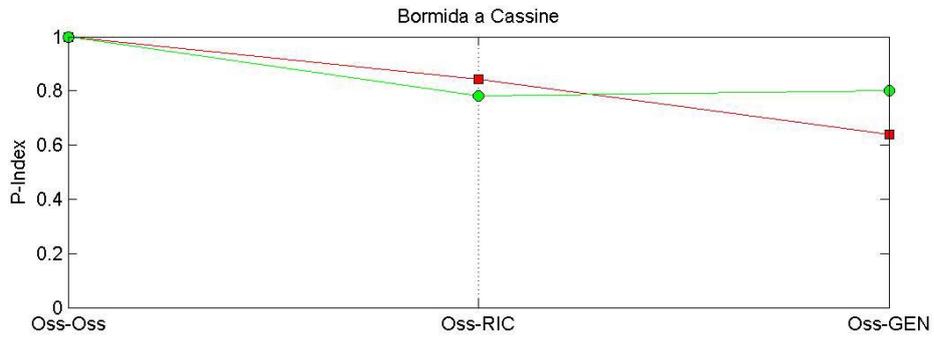


Caso annuale

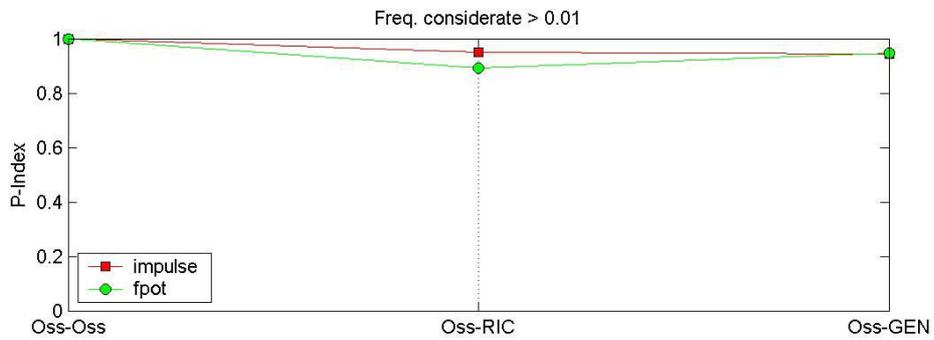
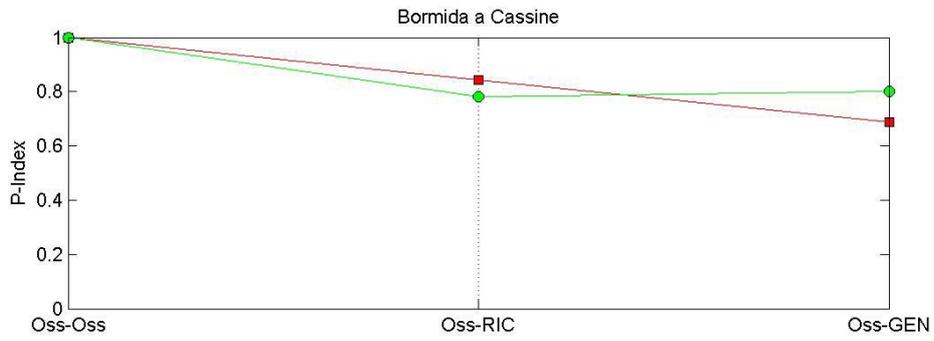


Caso stagionale

- Performance Index P_{INDEX}

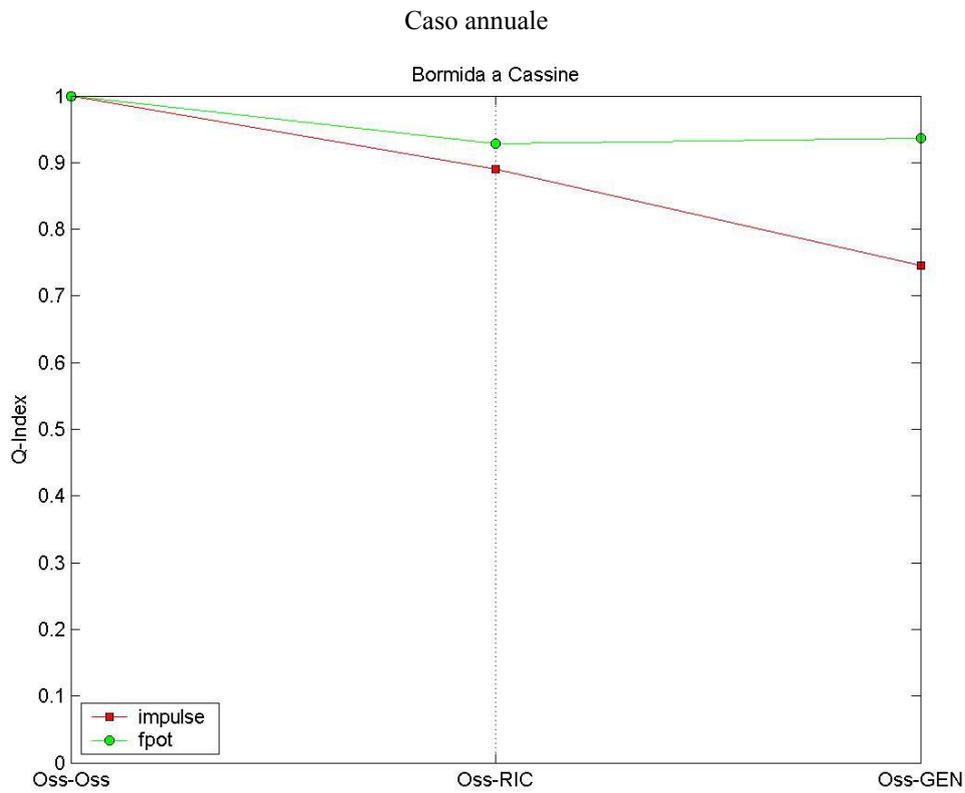
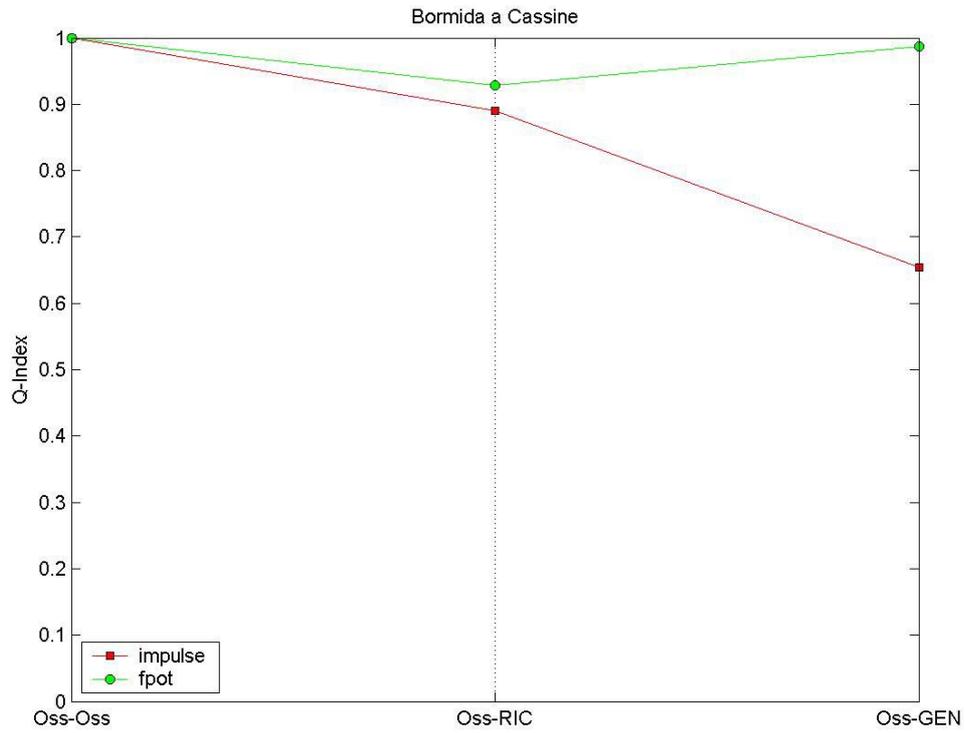


Caso annuale



Caso stagionale

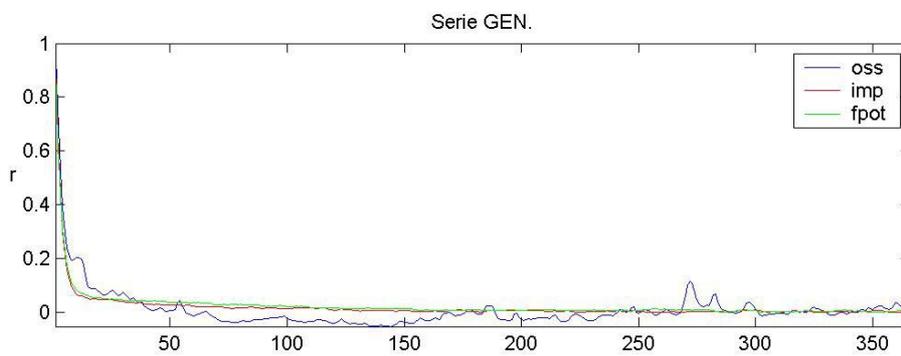
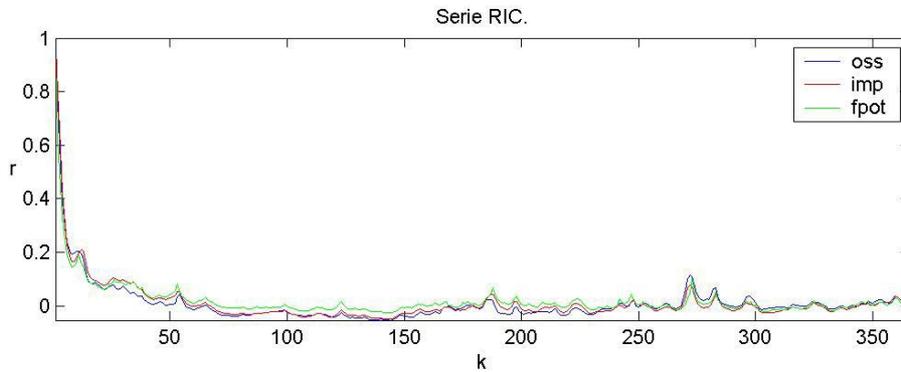
- Indice dei massimi annui Q_{INDEX}



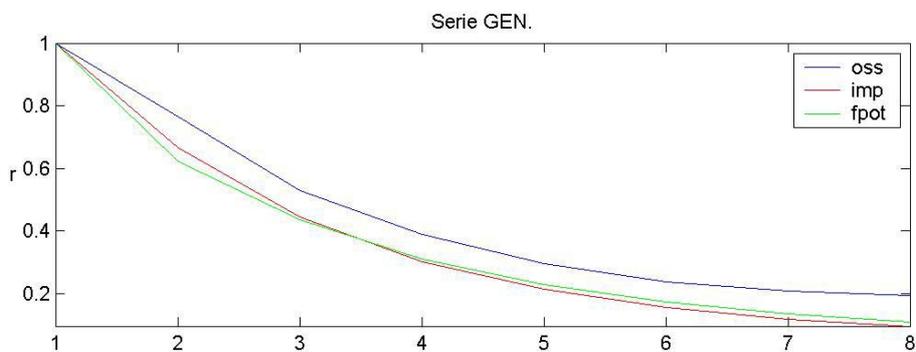
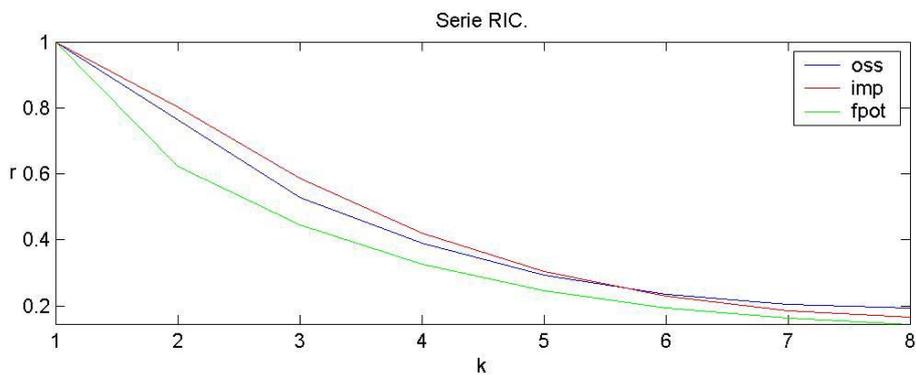
Caso stagionale

- Autocorrelazioni

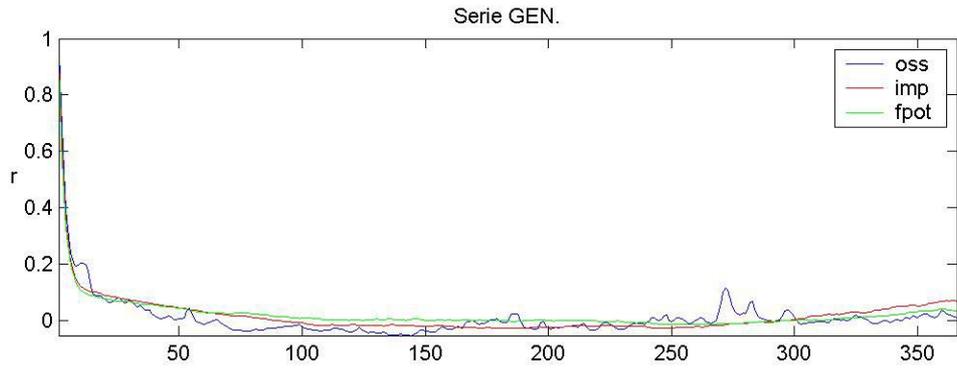
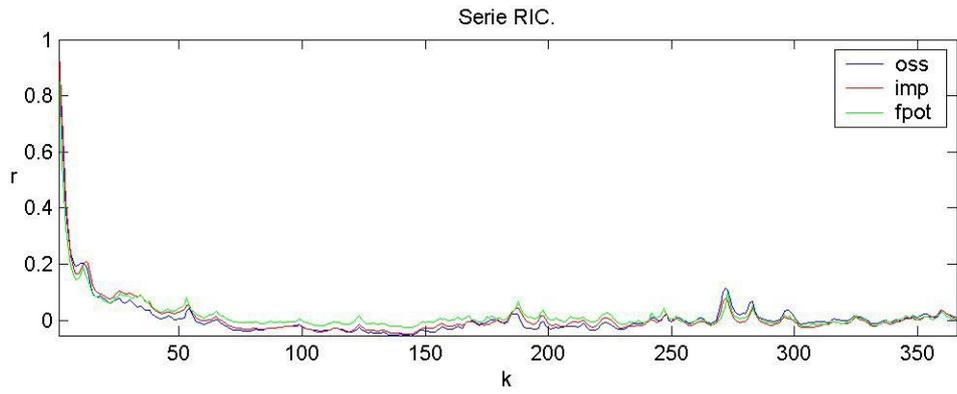
Curve di autocorrelazione dei deflussi valutate per k pari a 365 e 7 giorni. I deflussi sono calcolati a partire dai due tipi di input, quello relativo a parametri annuali e quello generato con parametri stagionali di 28 giorni.



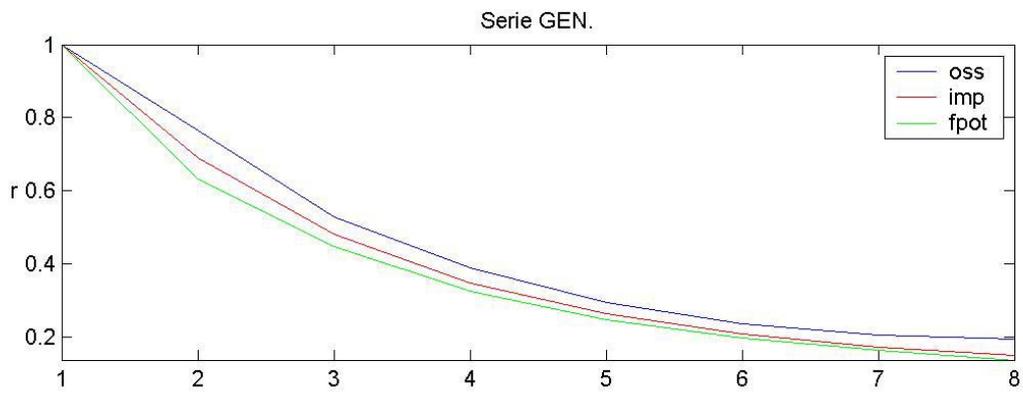
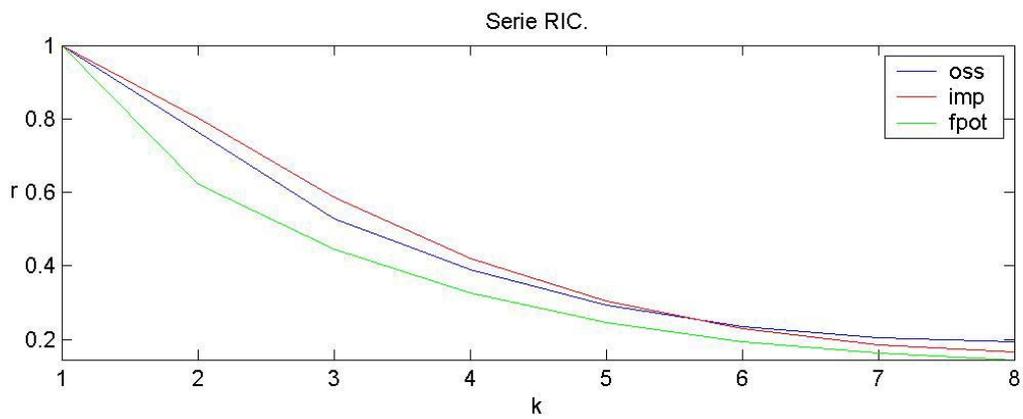
Caso annuale, $k = 365$ gg



Caso annuale, $k = 7$ gg



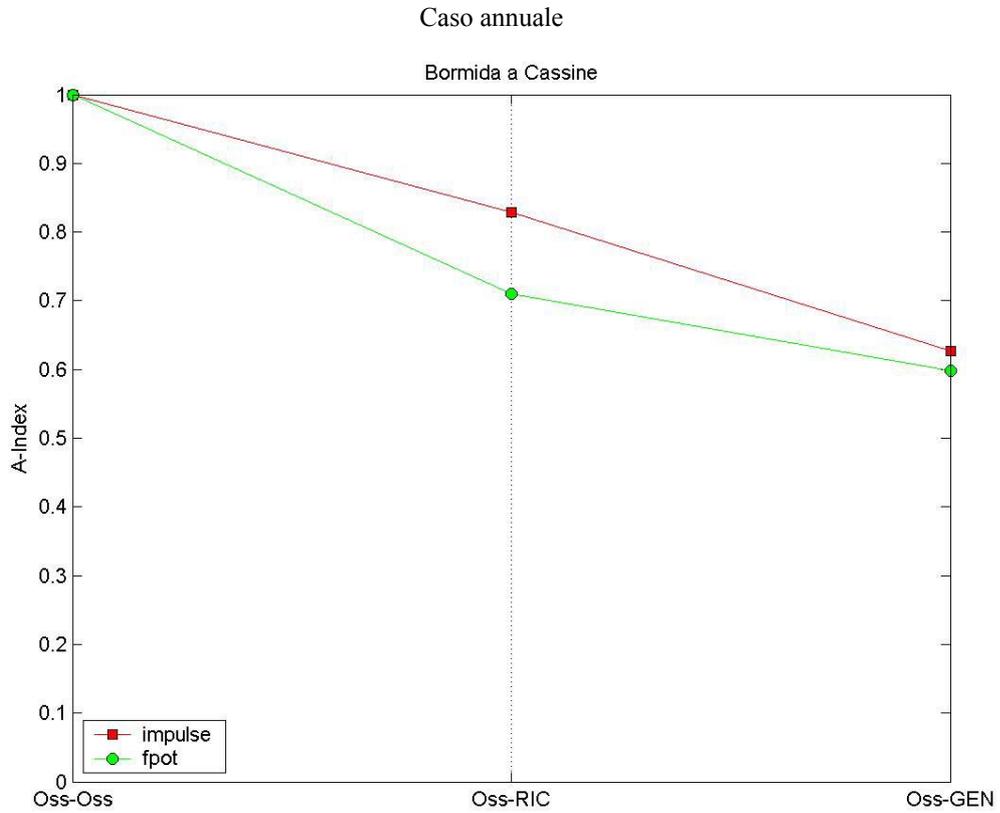
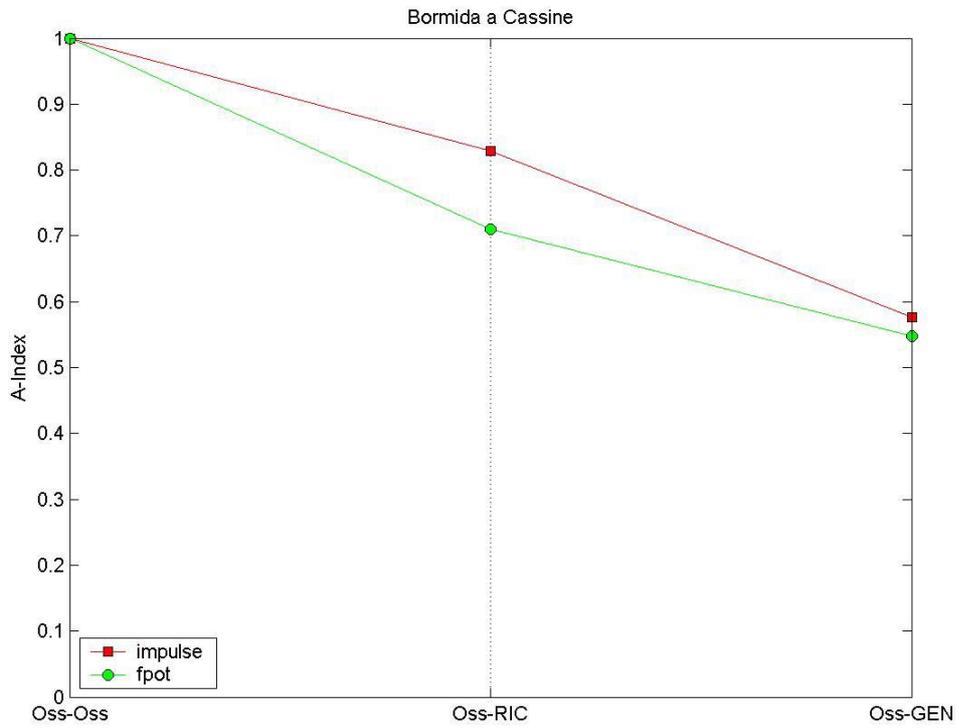
Caso stagionale, k = 365 gg



Caso stagionale, k = 7 gg

- A_{INDEX} (Indice delle autocorrelazioni)

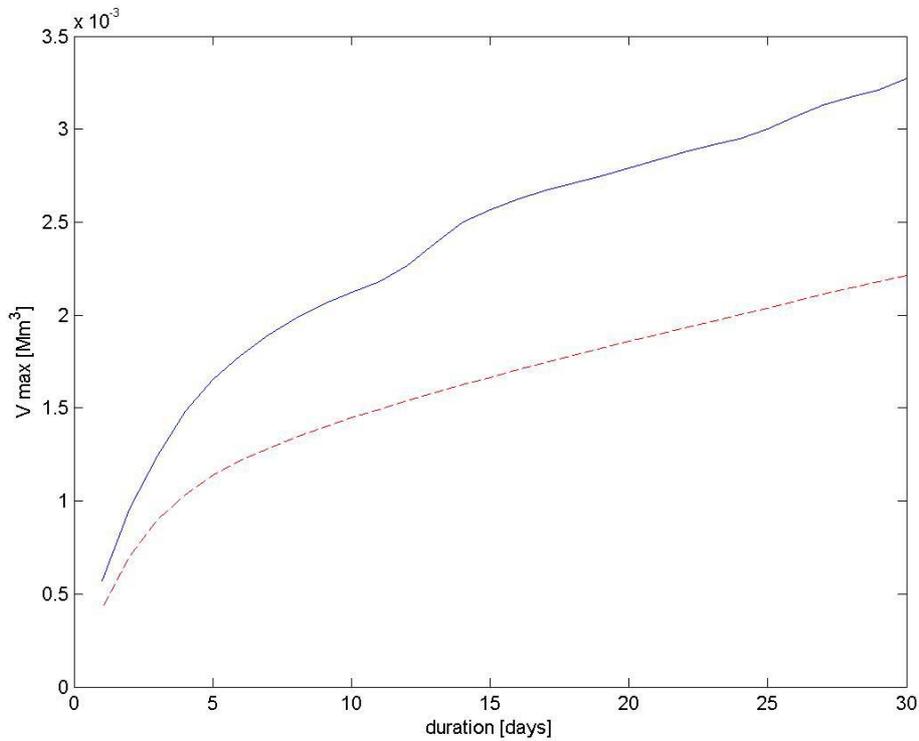
E' relativo alle serie delle autocorrelazioni dei deflussi con lag di 365 giorni.



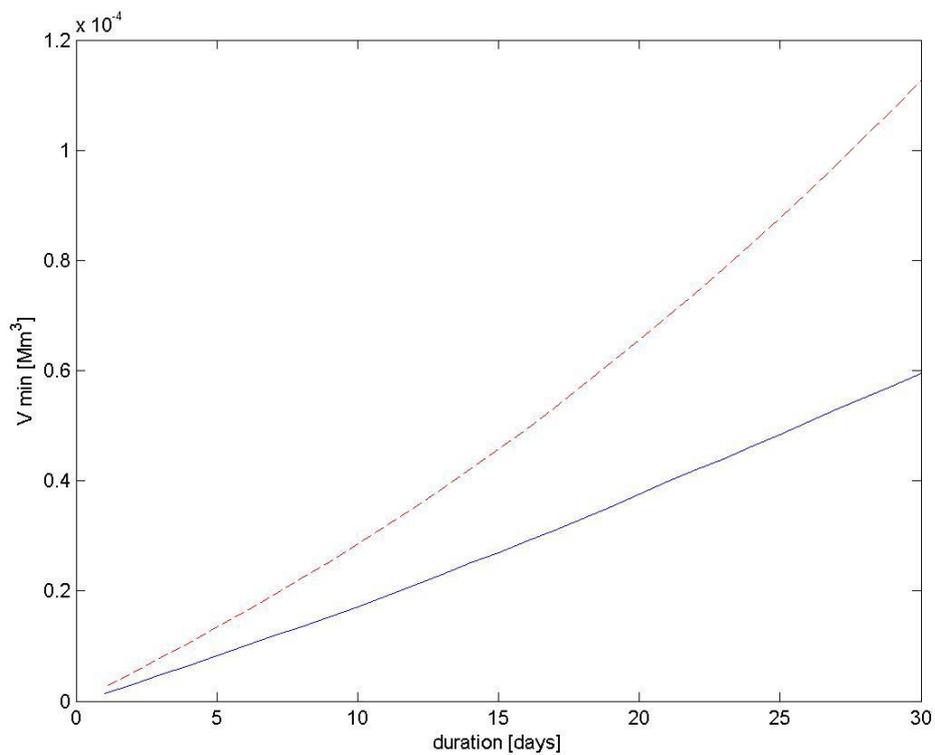
Caso stagionale

- Curve dei volumi massimi (minimi) medi annui

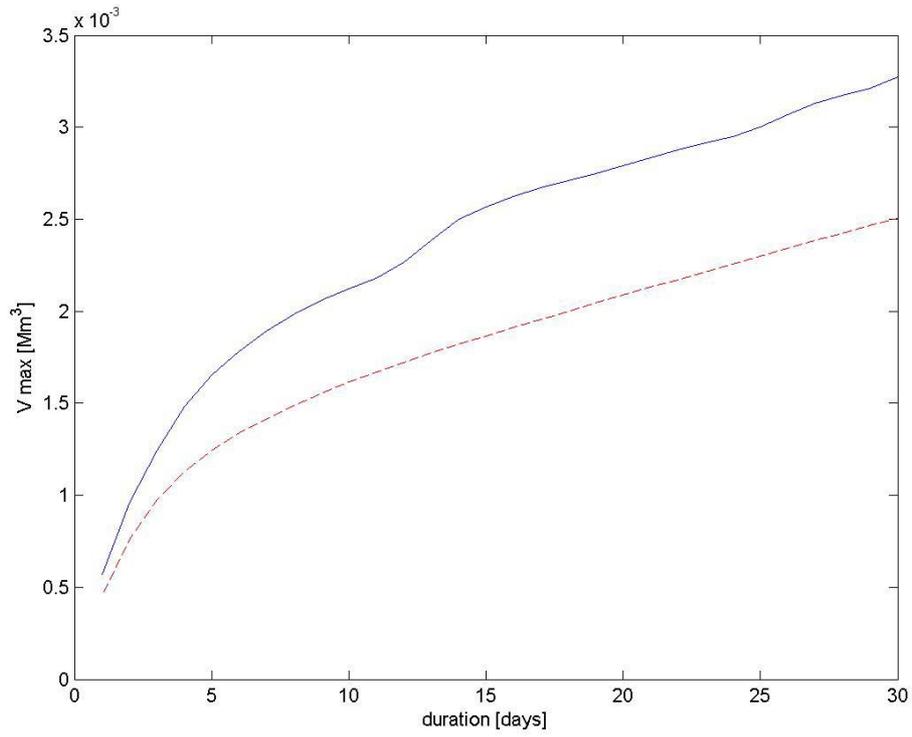
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



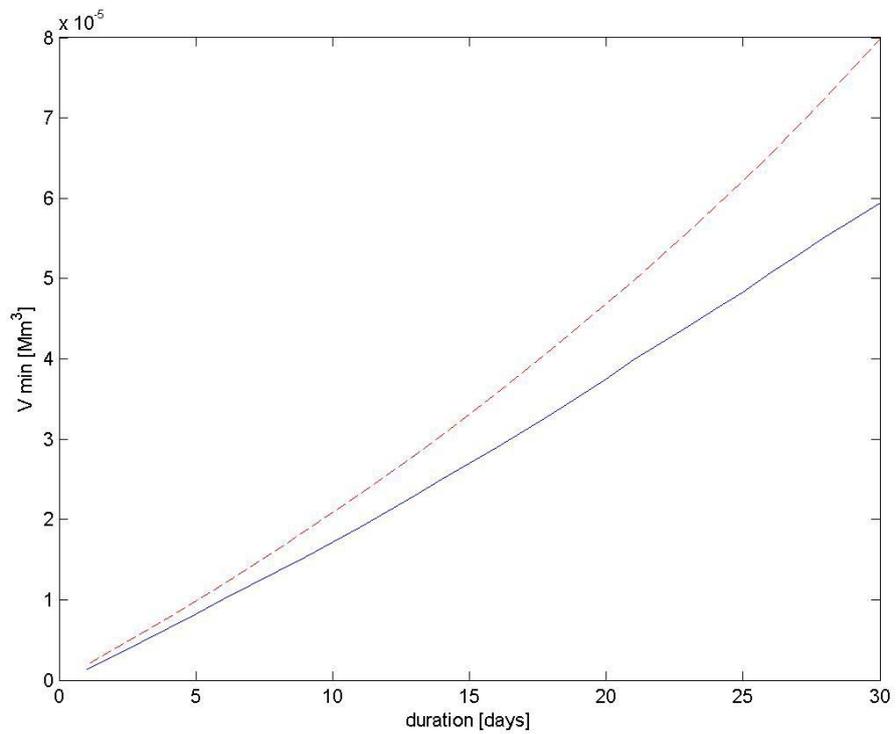
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale

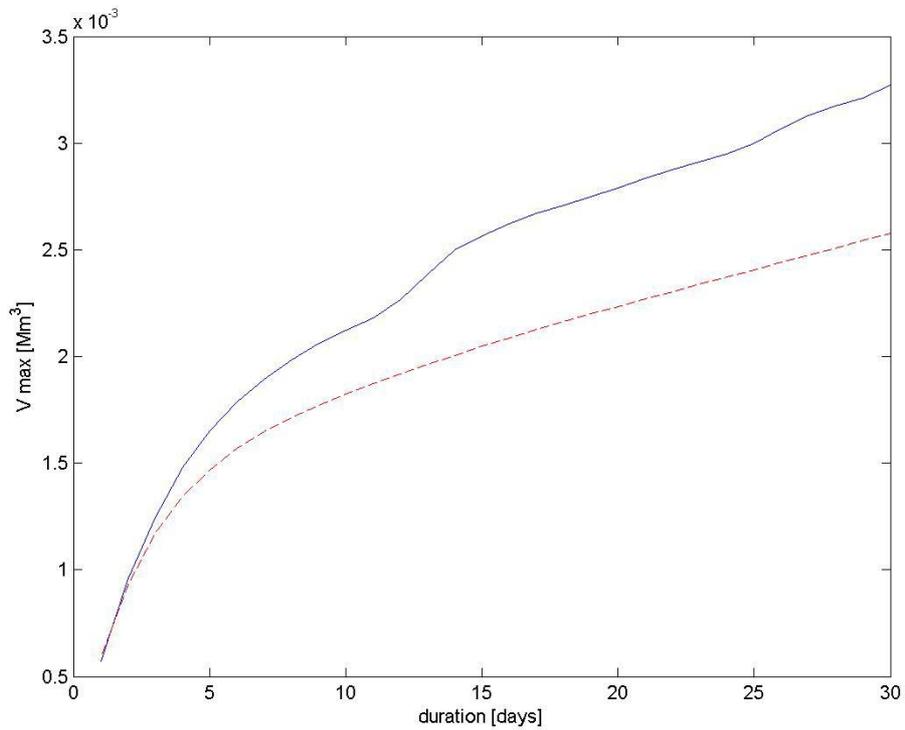


Serie dei V_{MAX} , caso stagionale

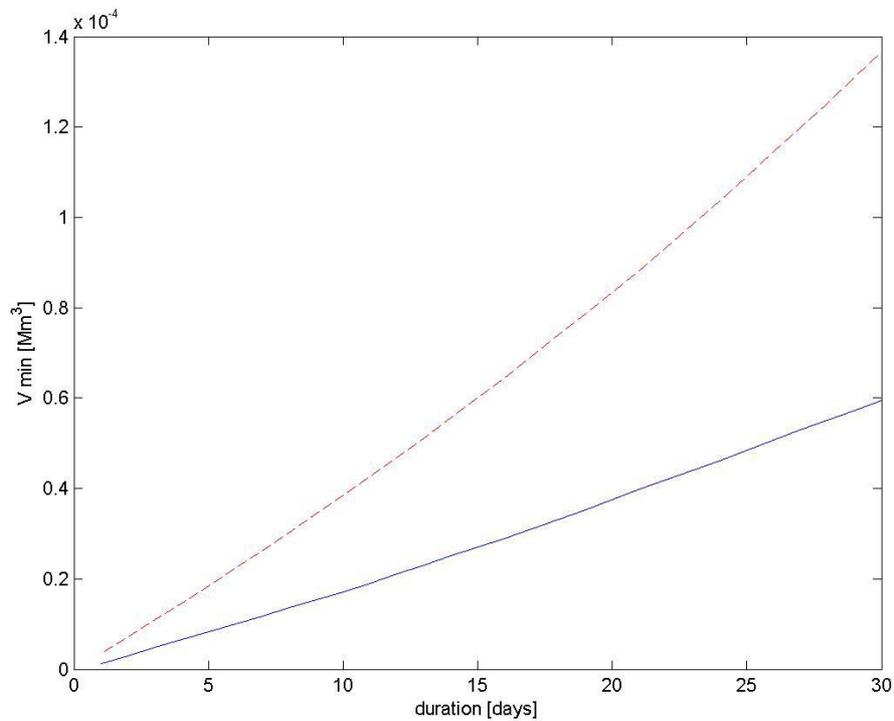


Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

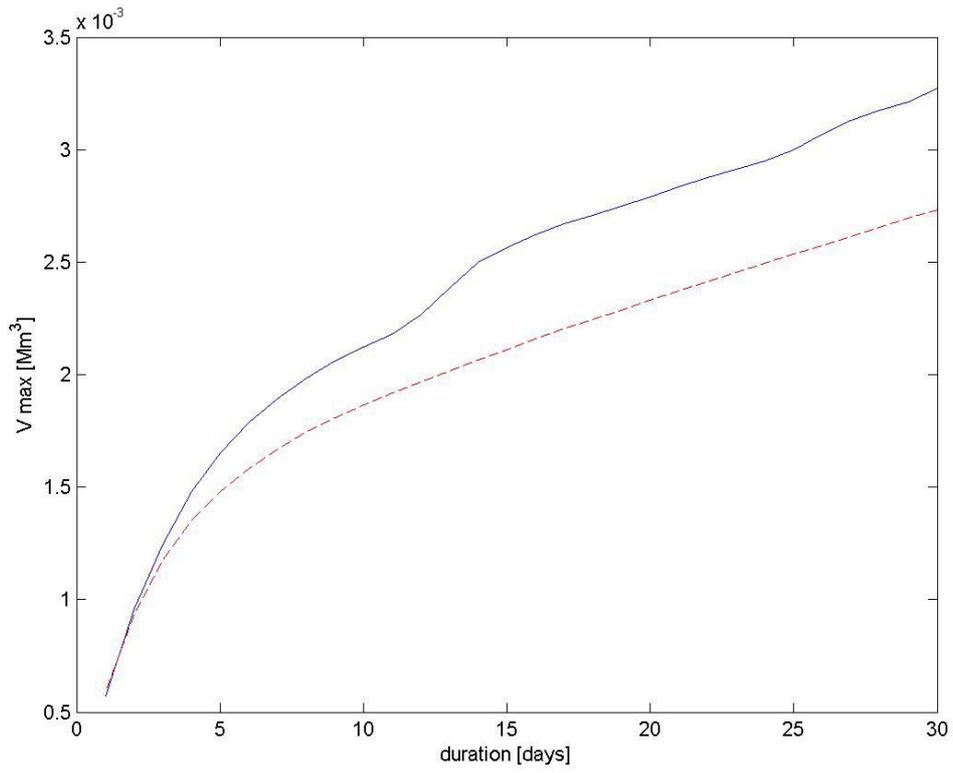
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



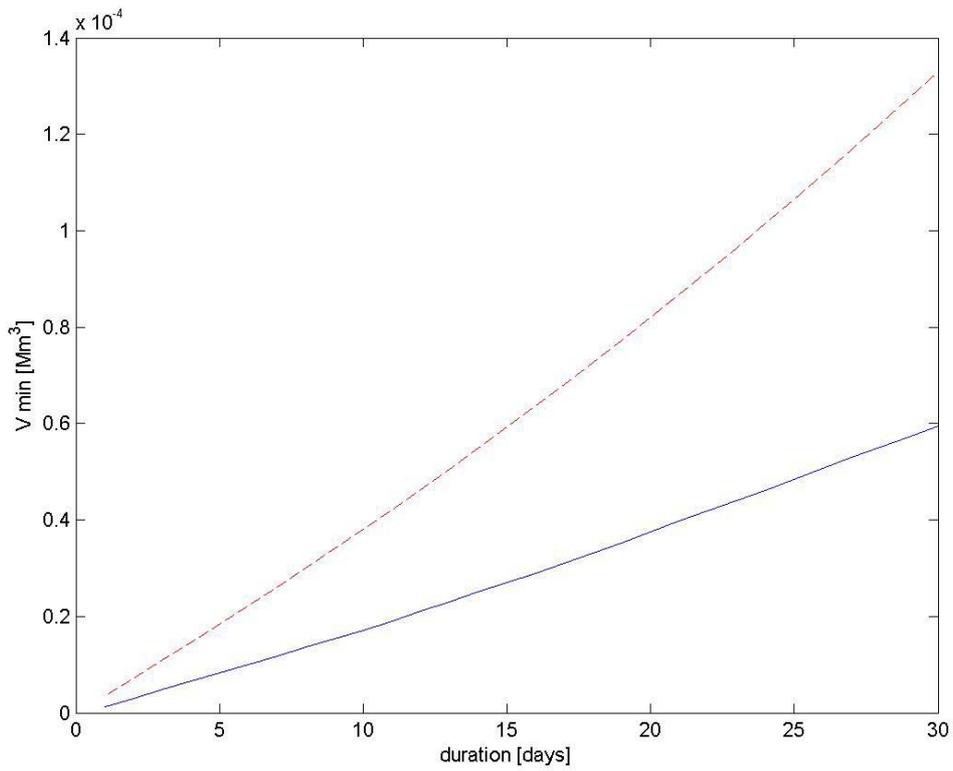
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale



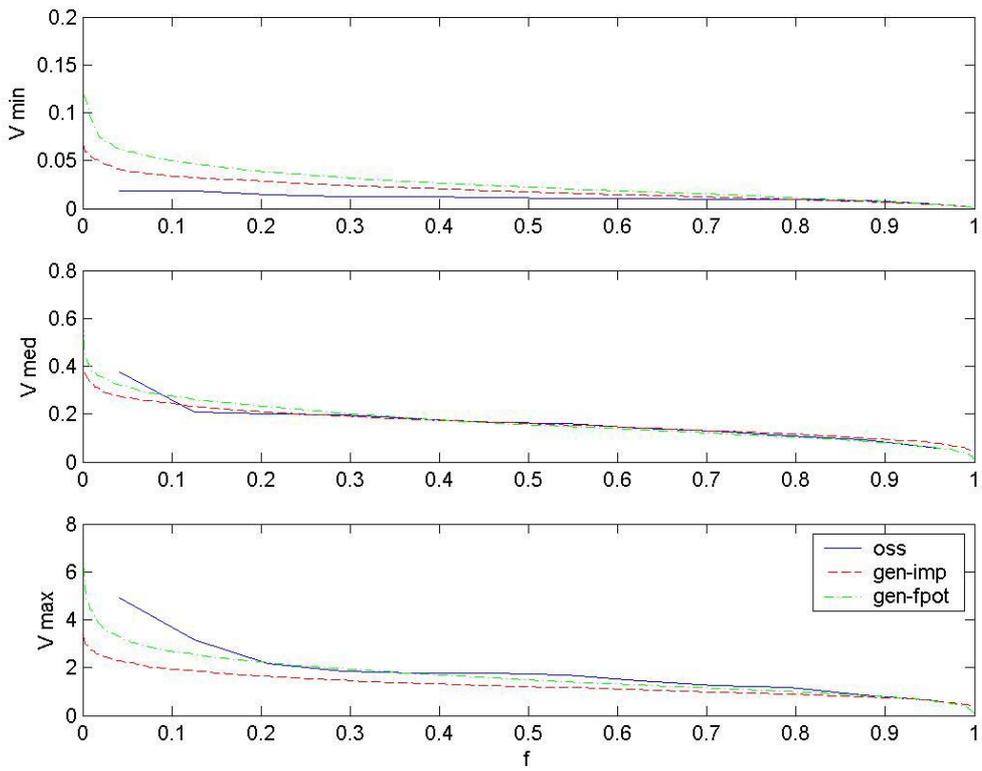
Serie dei V_{MAX}, caso stagionale



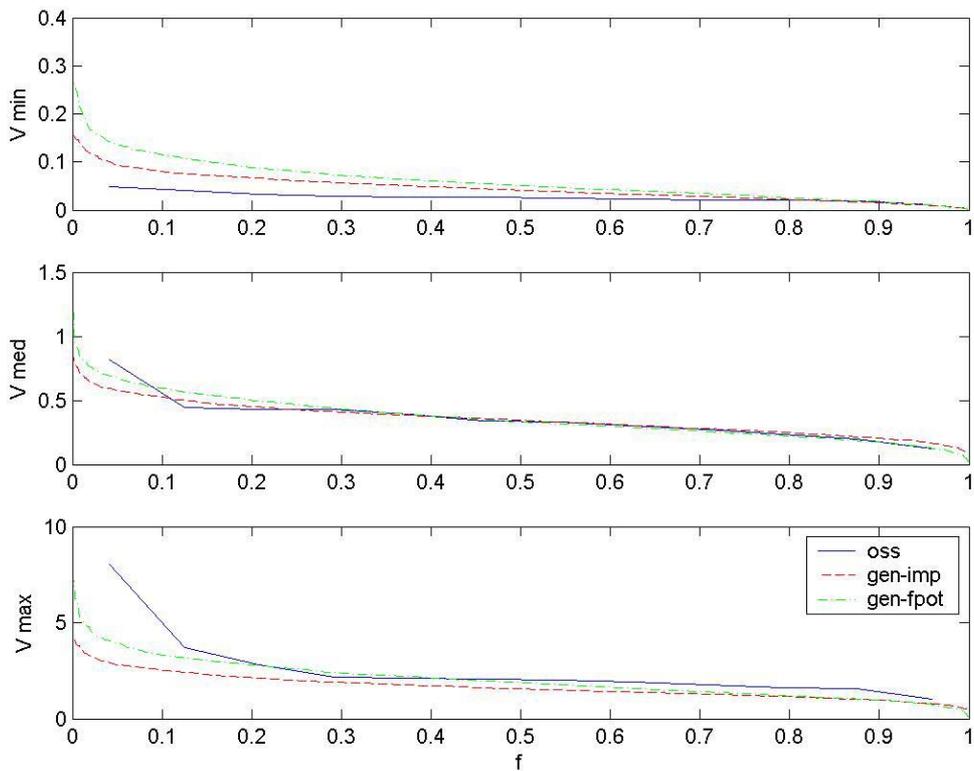
Serie dei V_{MIN}, caso stagionale

- Curve di frequenza dei volumi

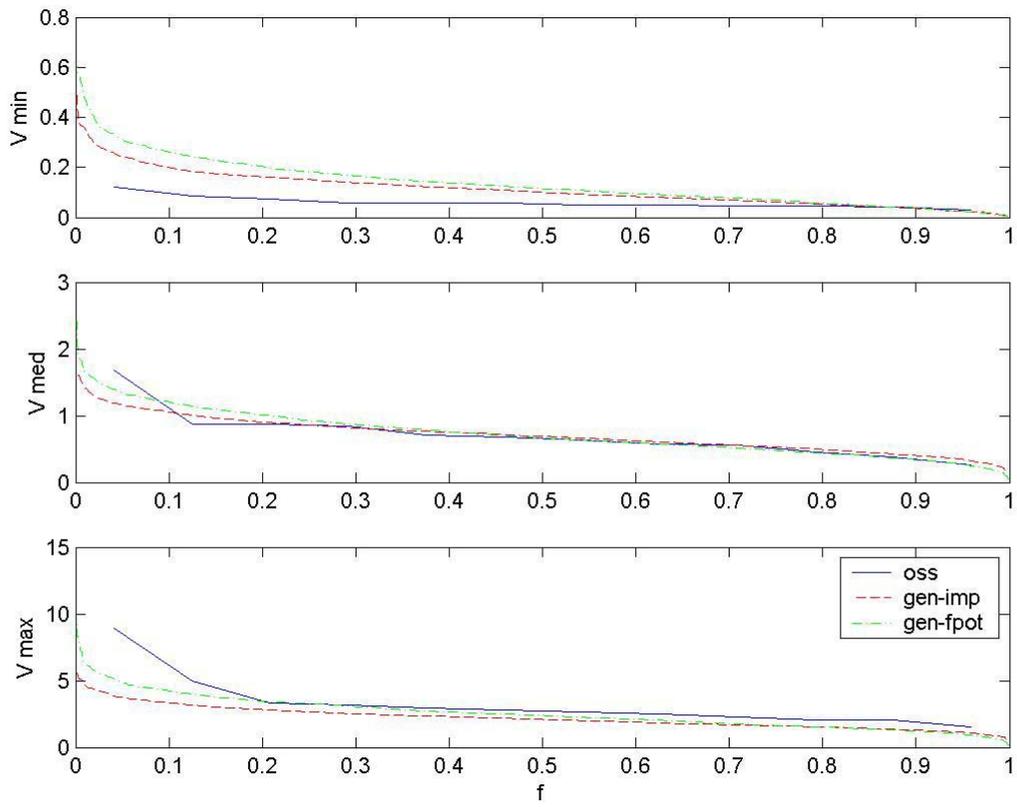
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di 7, 15 e 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni.



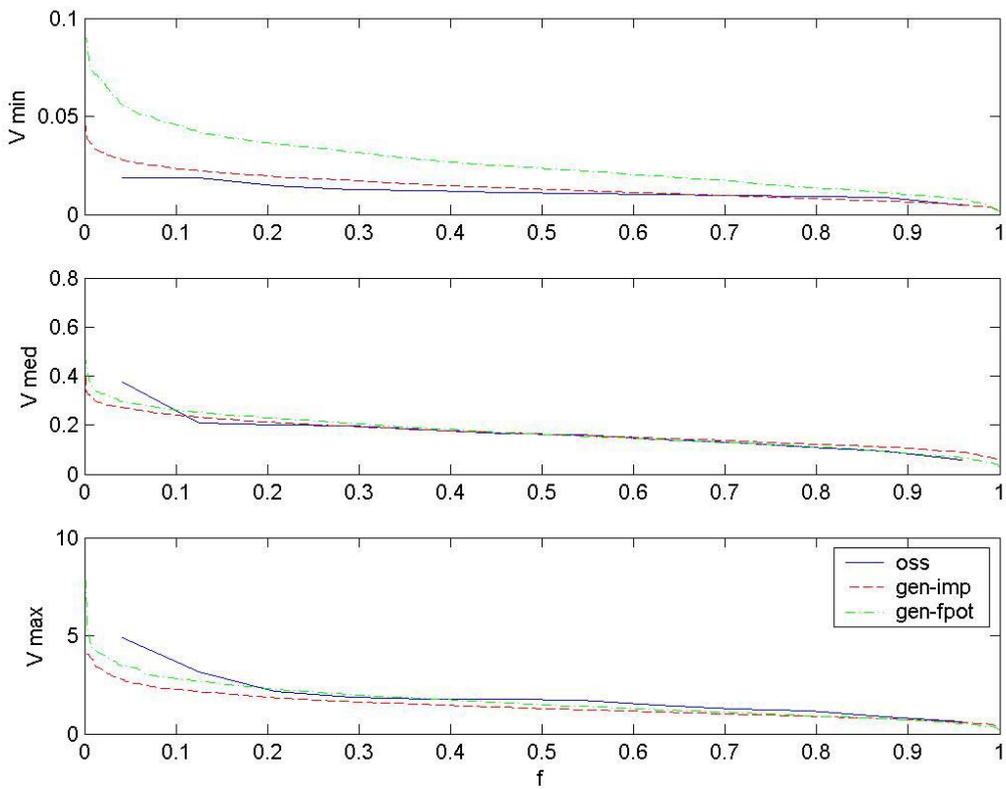
Caso annuale, finestra di integrazione di 7 giorni



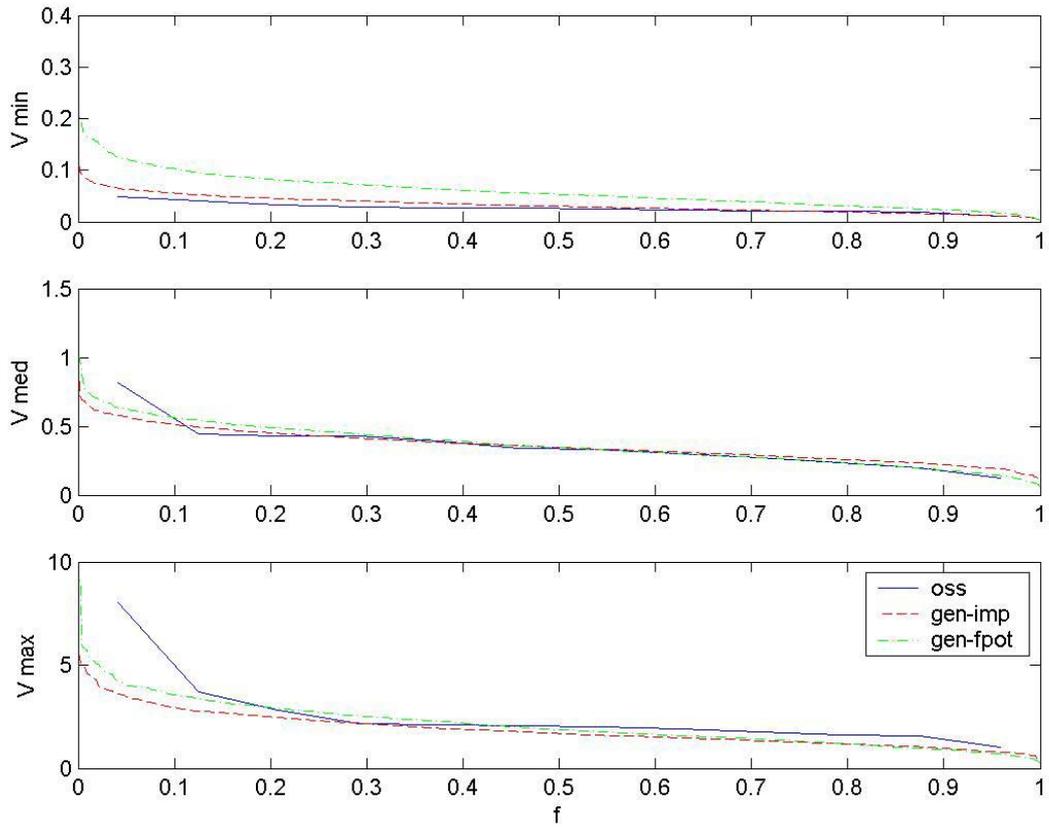
Caso annuale, finestra di integrazione di 15 giorni



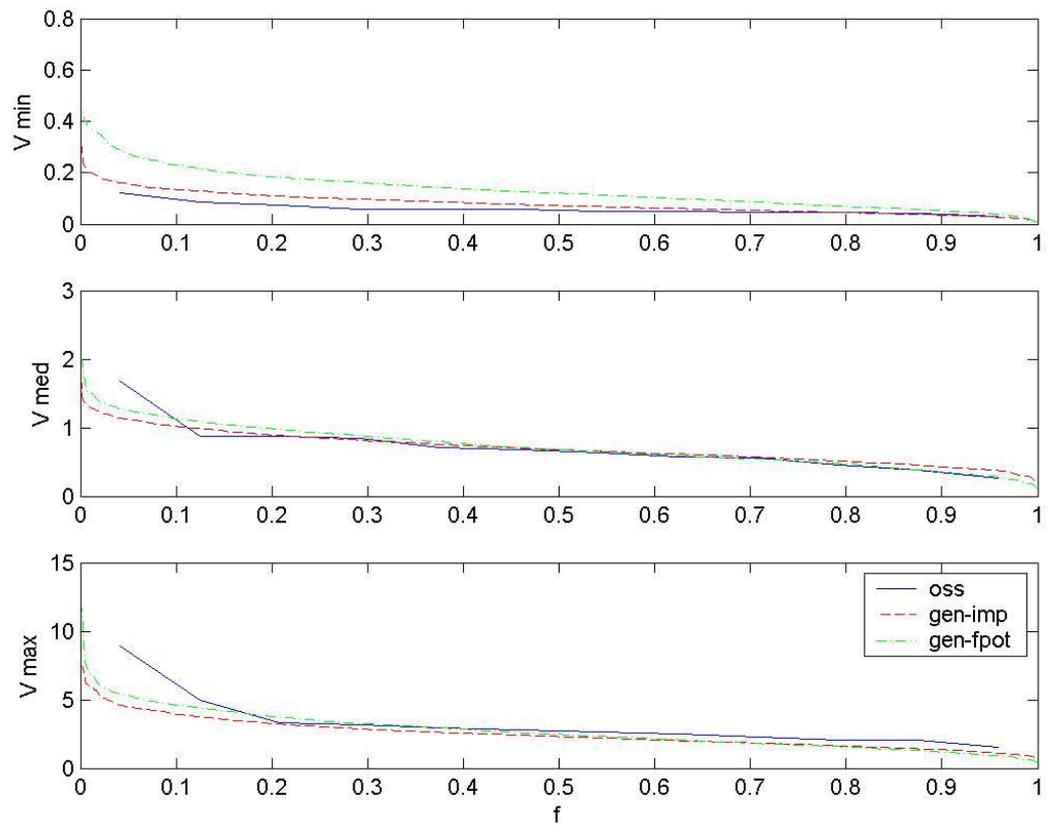
Caso annuale, finestra di integrazione di 30 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 7 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 15 giorni



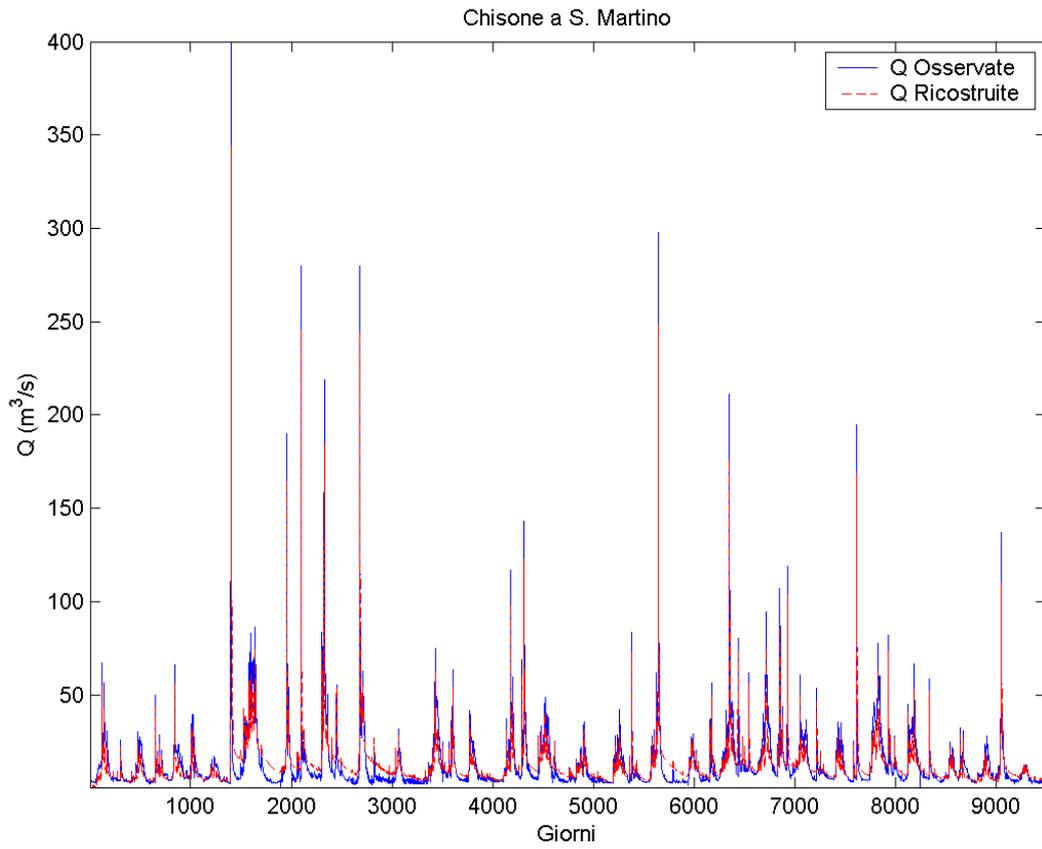
Caso stagionale, finestra di integrazione di 30 giorni

B.4 Chisone a S. Martino

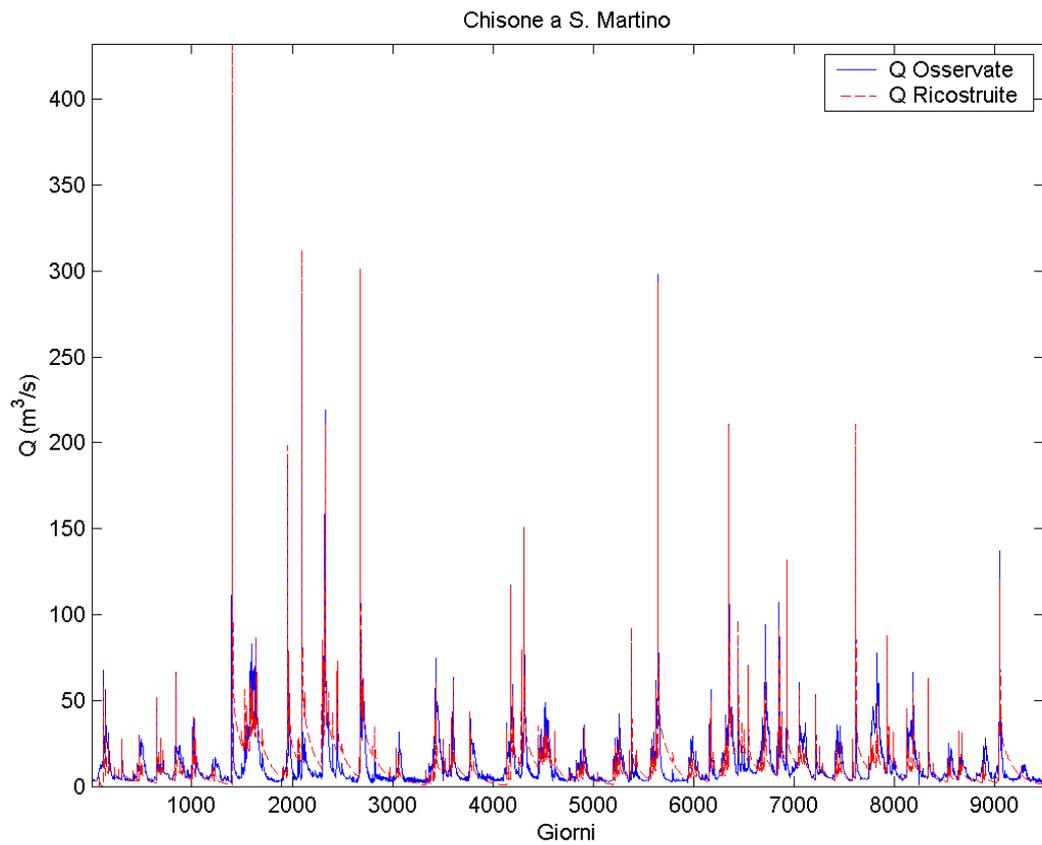
B.4.1 Parametri del modello Shot Noise

Shot Noise con input iniziale <i>impulse</i>	Shot Noise con input iniziale <i>spot</i> *
Cod.: 6	Cod.: 6
Bacino: Chisone a S. Martino	Bacino: Chisone a S. Martino
$R^2 = 0.8188$ Int h = 0.9990	$R^2 = 0.4897$ Int h = 0.9980
----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----	----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----
c0 (-) 0.0617	c0 (-) 0.0426
c1 (-) 0.2815	c1 (-) 0.1374
c2 (-) 0.6569	c2 (-) 0.8200
k1 (gg) 6.3050	k1 (gg) 5.0906
k2 (gg) 220.0269	k2 (gg) 126
----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 1428	----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 760

* si intende privo del processo di deconvoluzione



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “impulse”



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “fpot”

B.4.2 Serie sintetiche

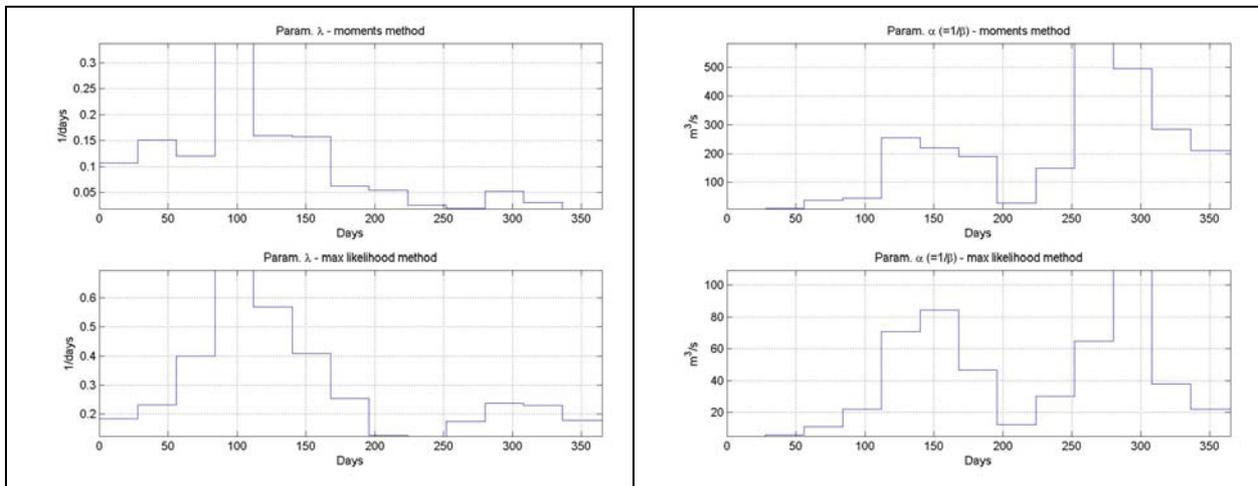
- Parametri del modello di generazione

Bacino: Chisone a S. Martino
 Tipo input iniziale: impulse

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0468
 alfa = 269.1480

Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".



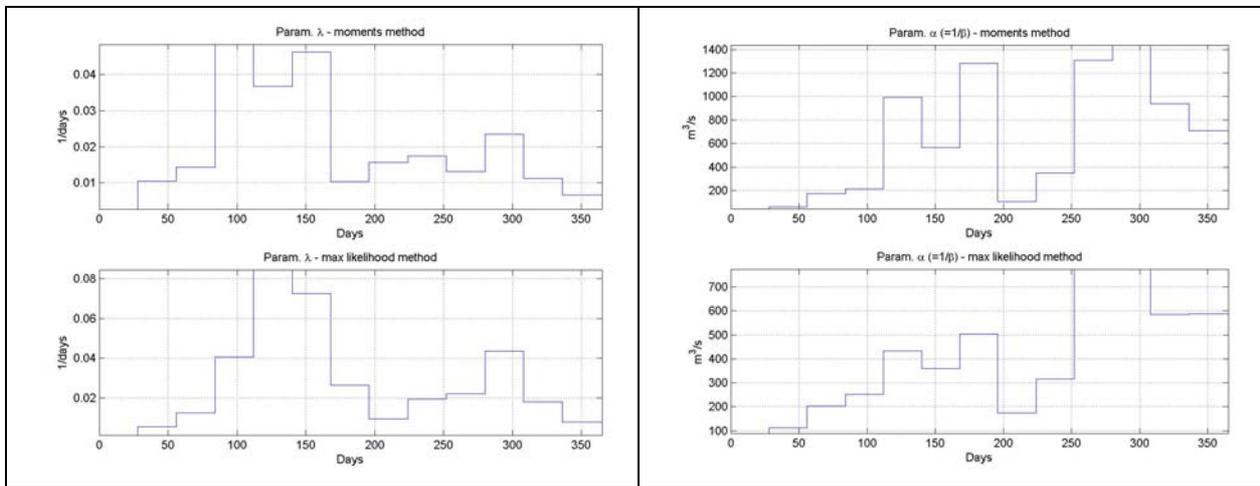
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".

Bacino: Chisone a S. Martino
 Tipo input iniziale: fpot

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0131
 alfa = 960.1237

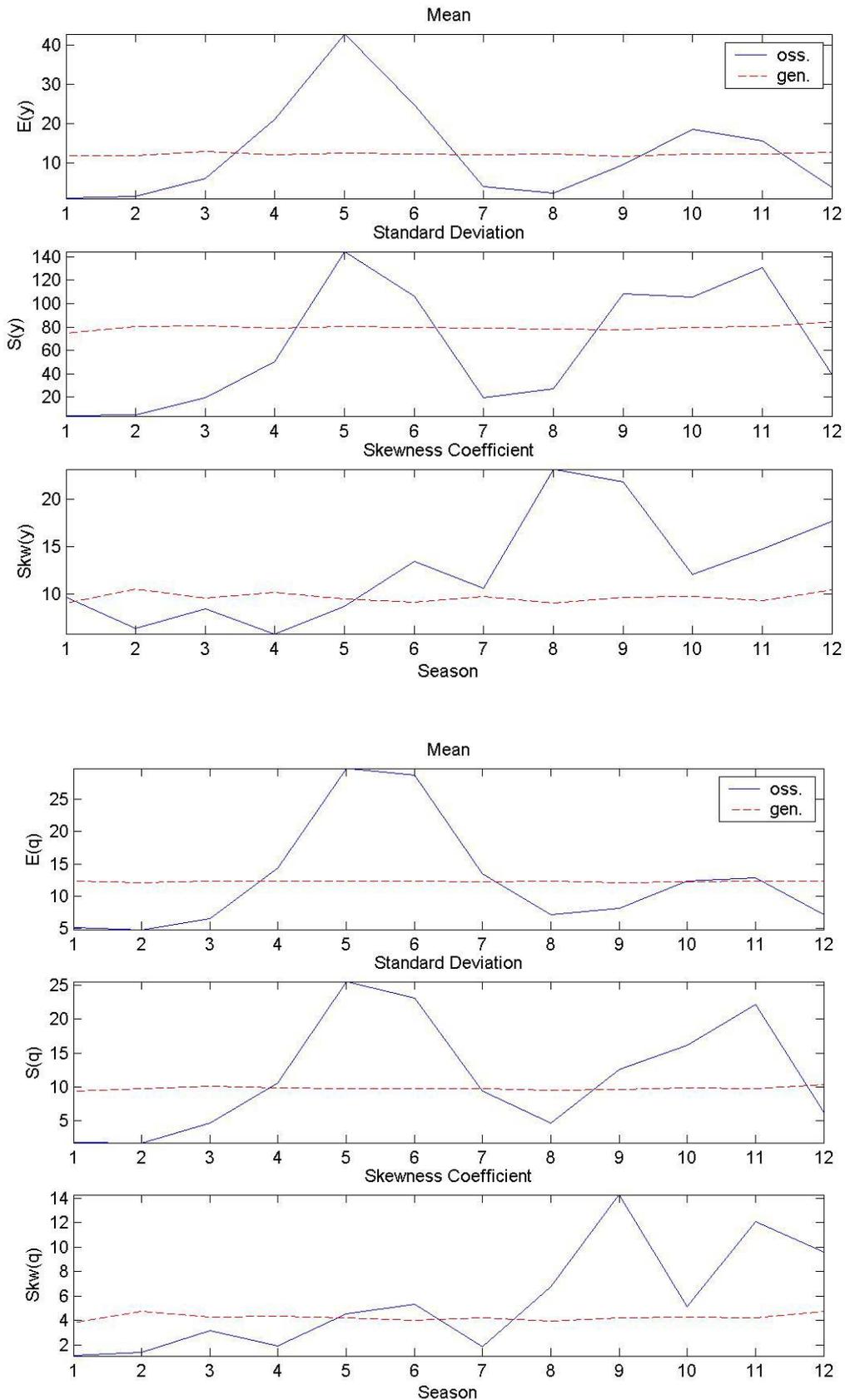
Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".



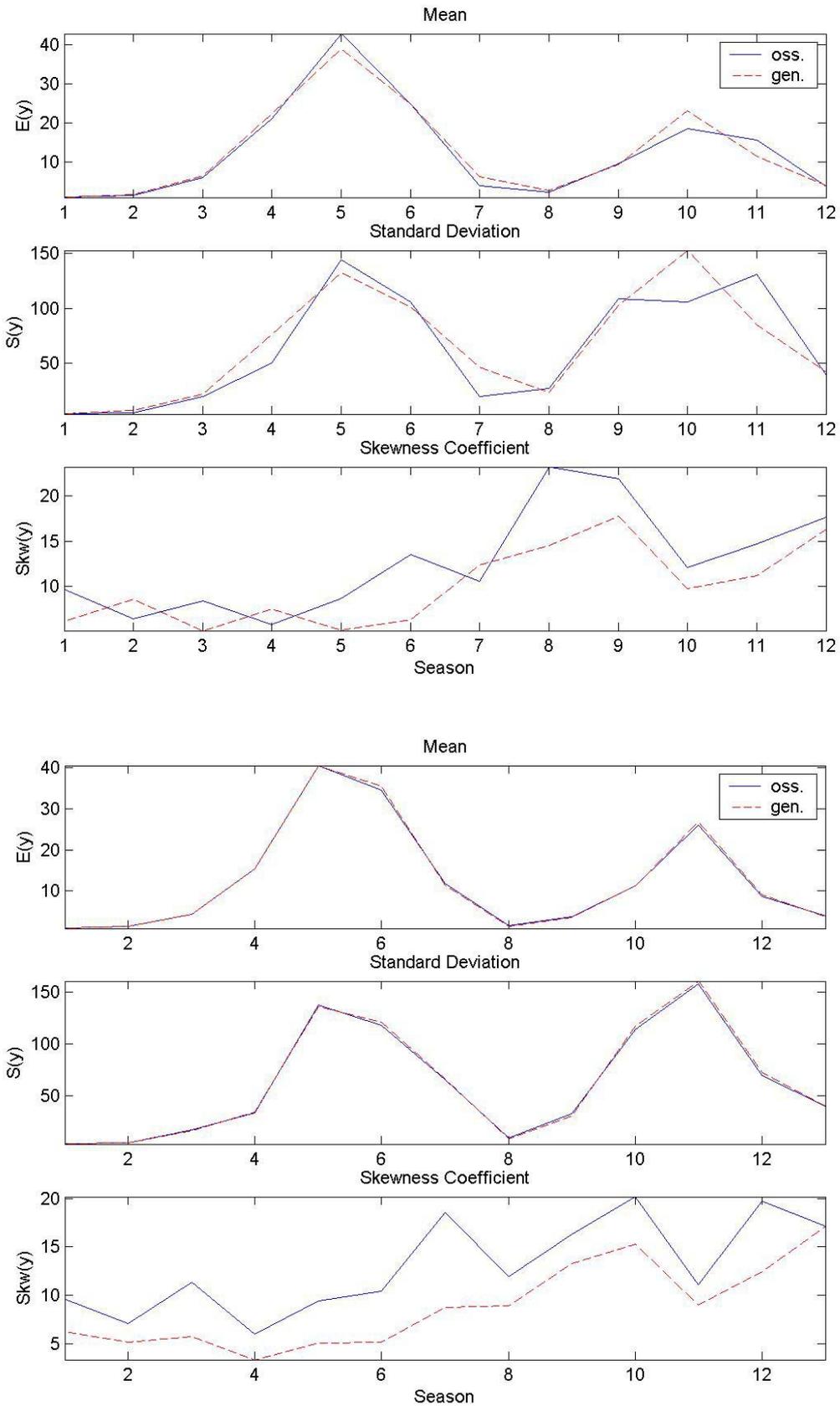
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".

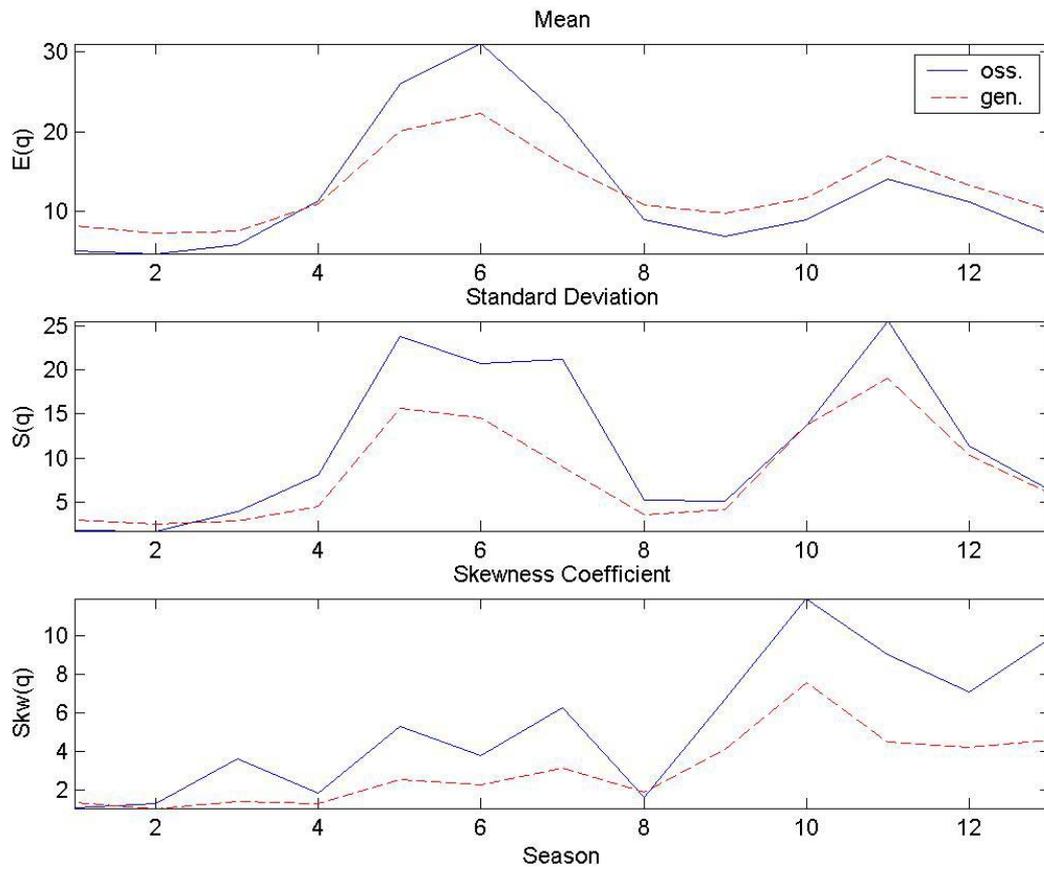
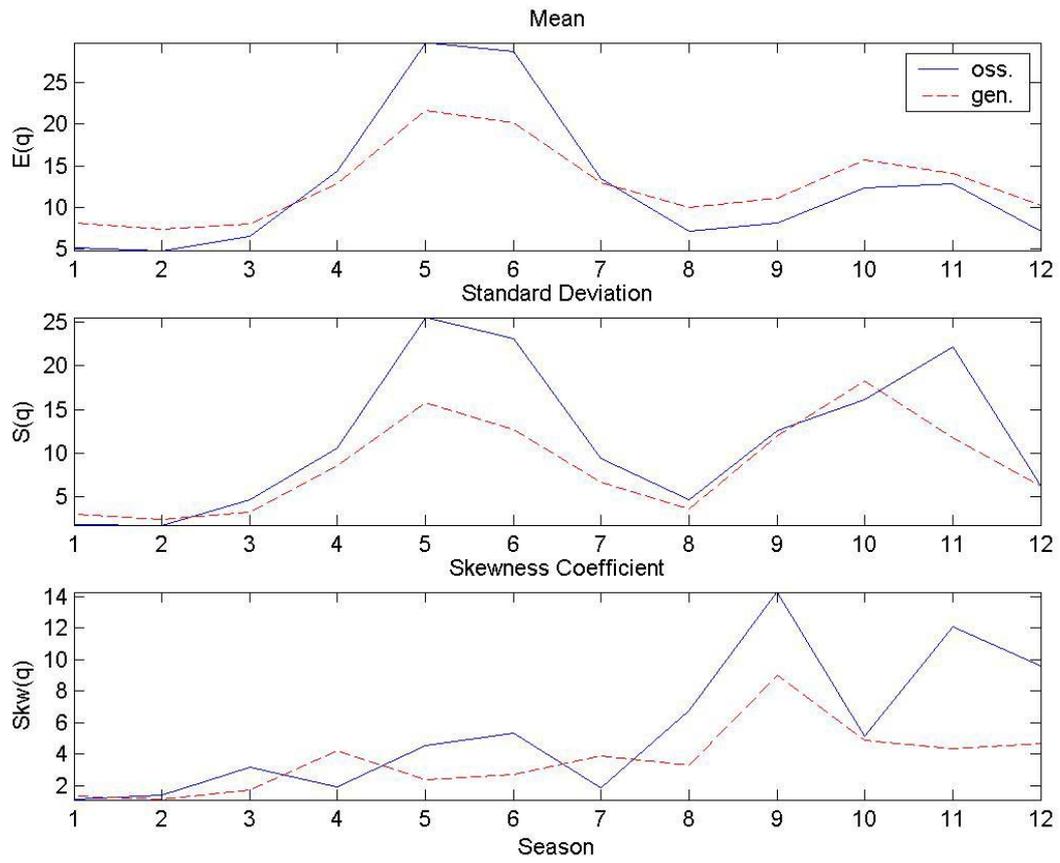
- Statistiche a confronto delle serie osservate e generate

Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.

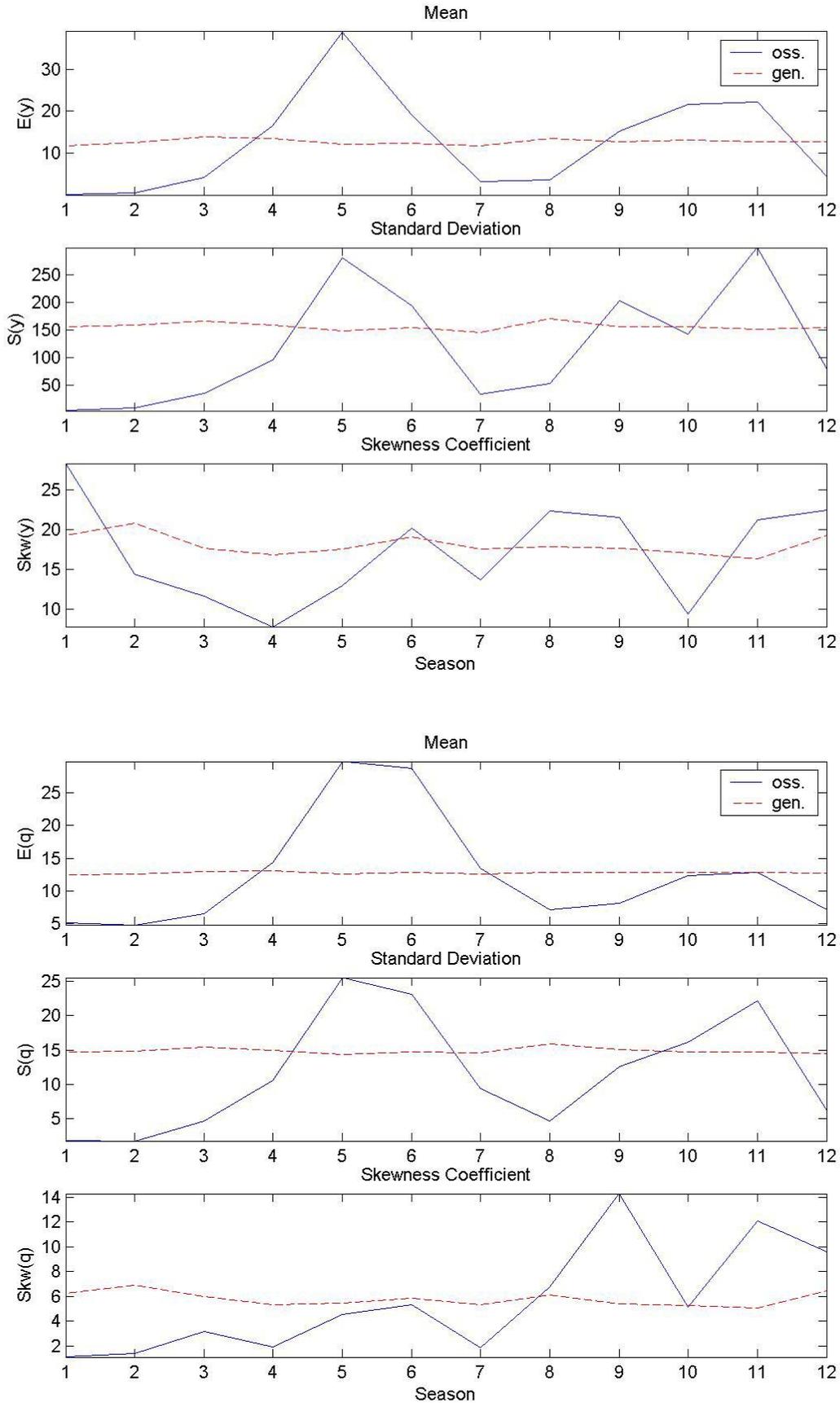


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.

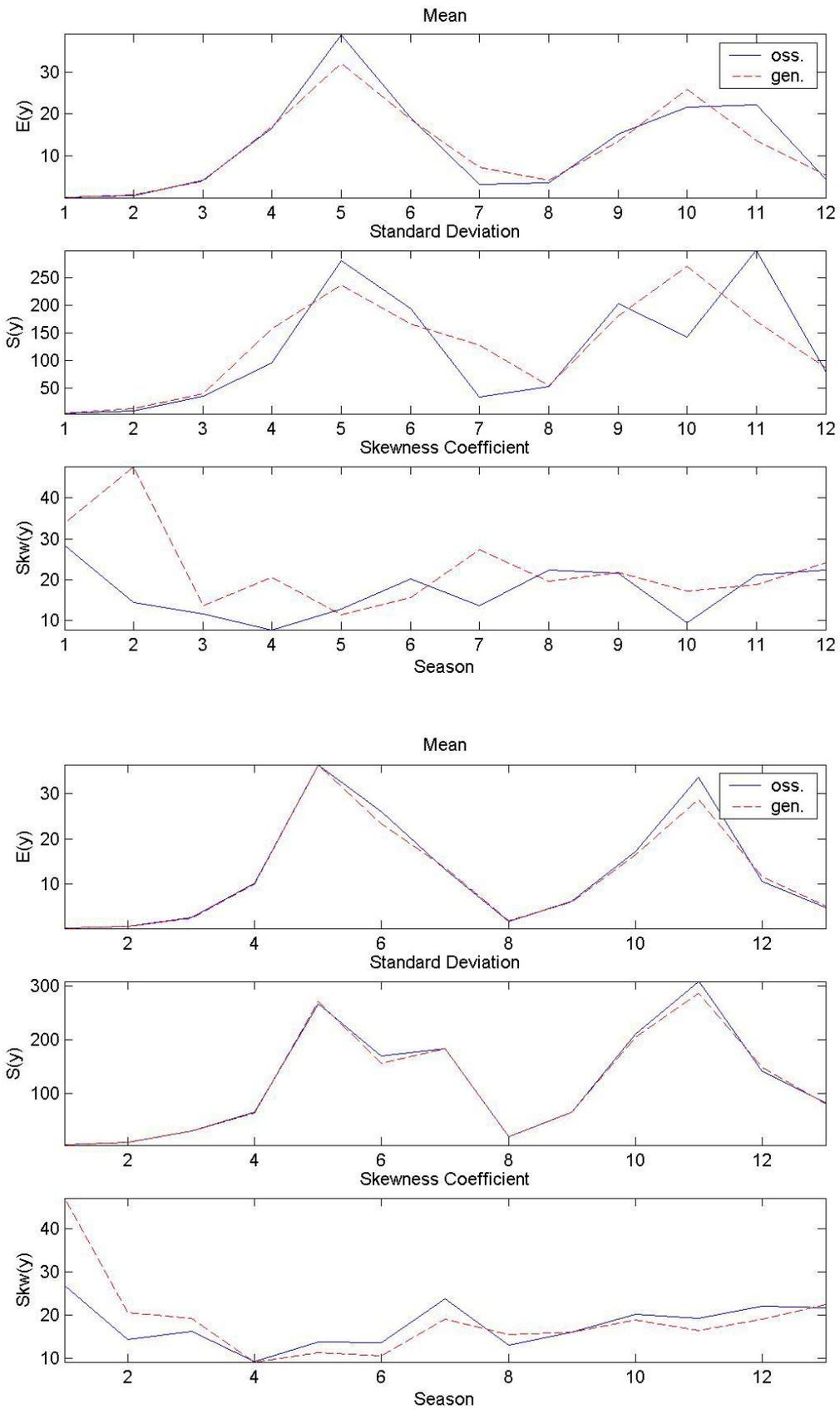


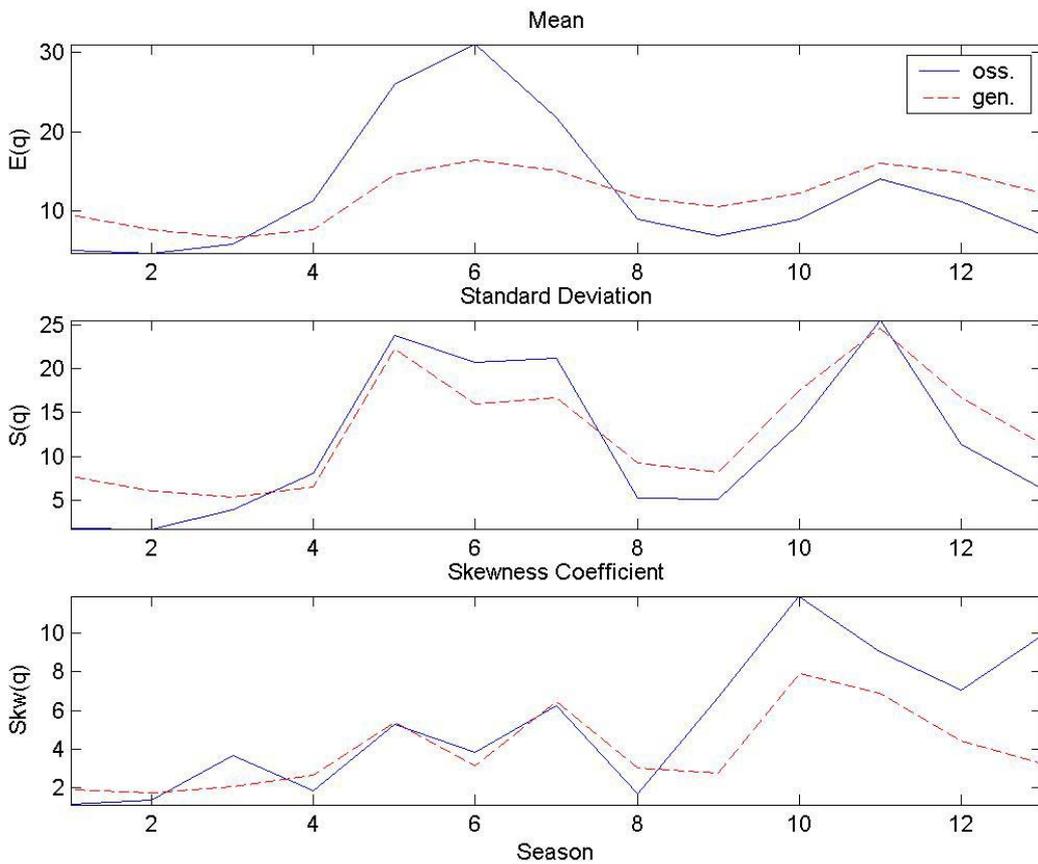
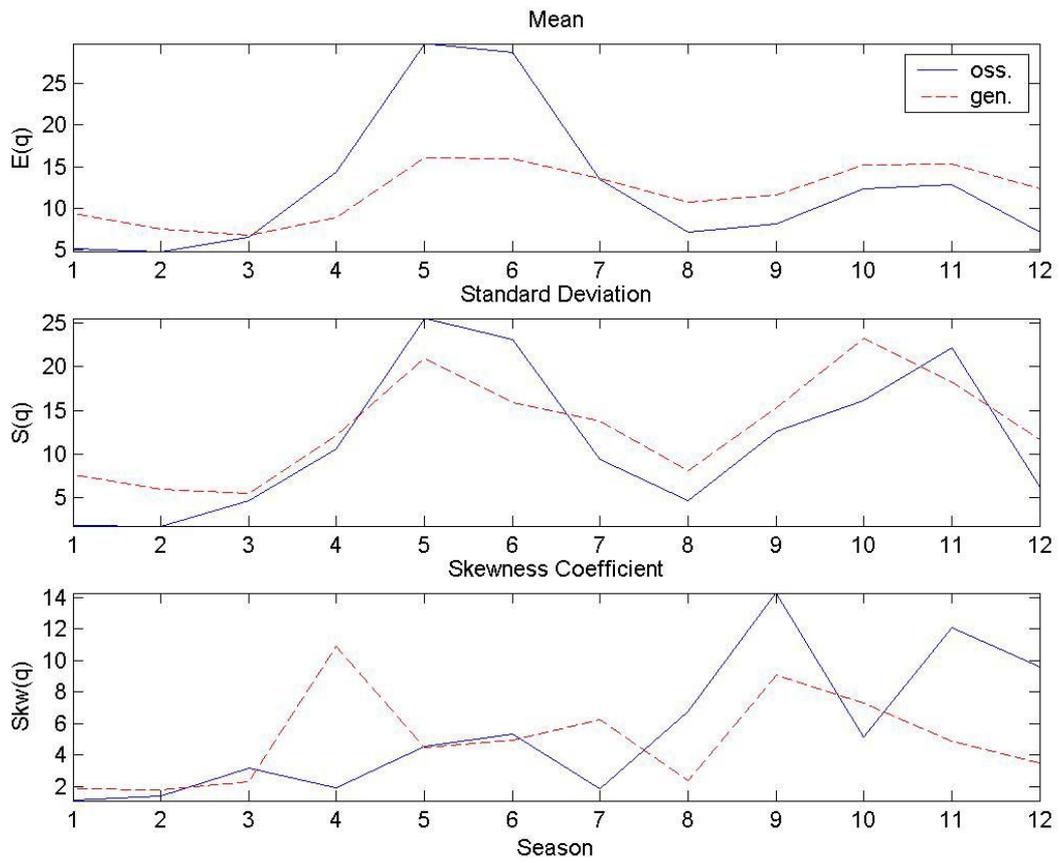


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.



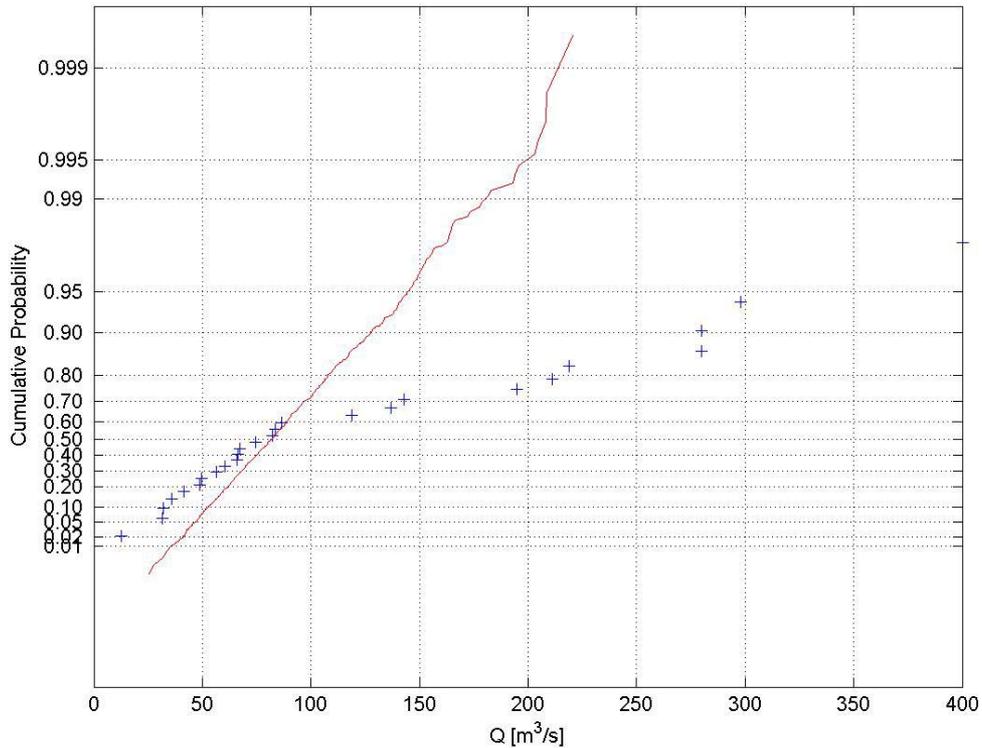
Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.



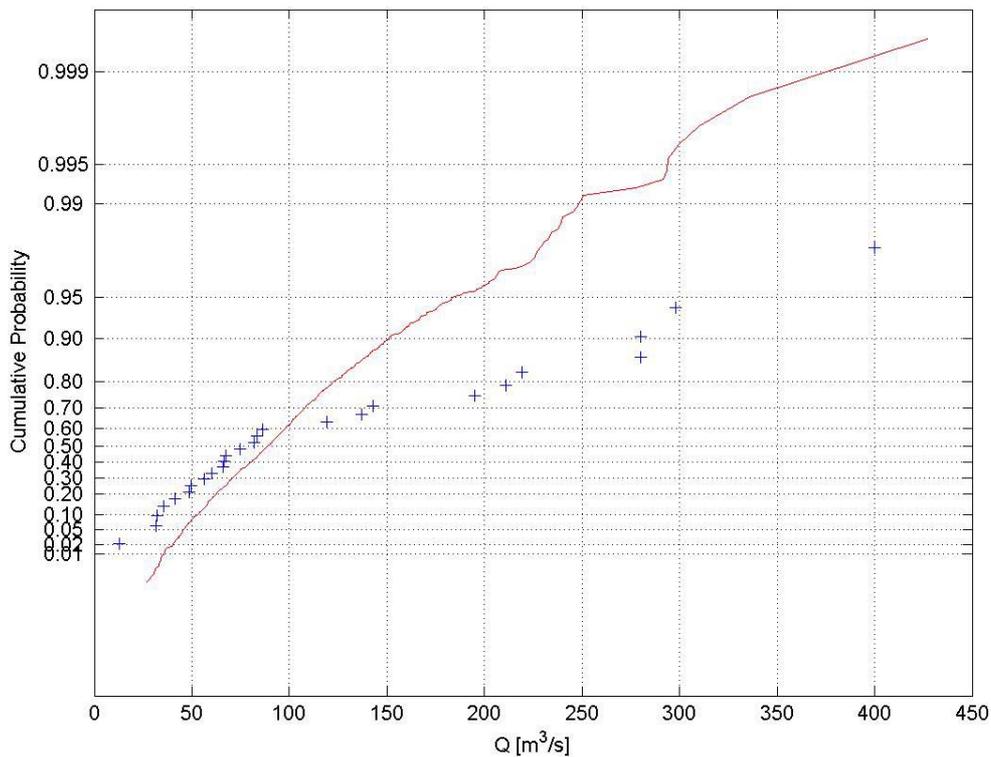


- Serie dei massimi annui su carta probabilistica di Gumbel

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)

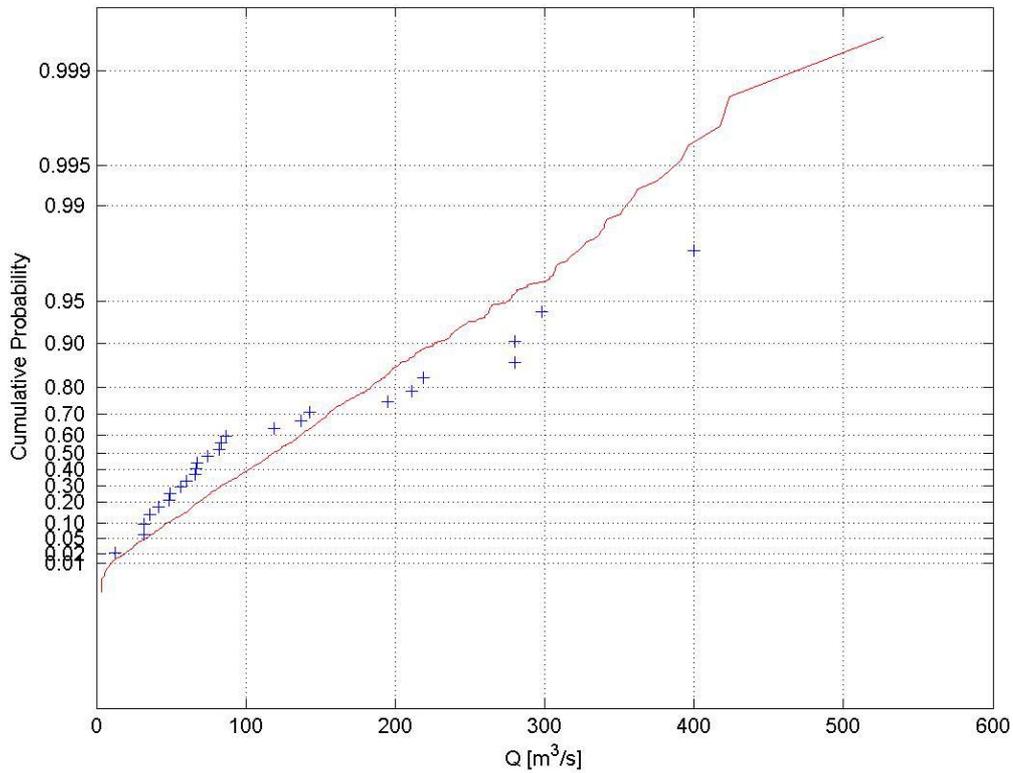


Caso annuale

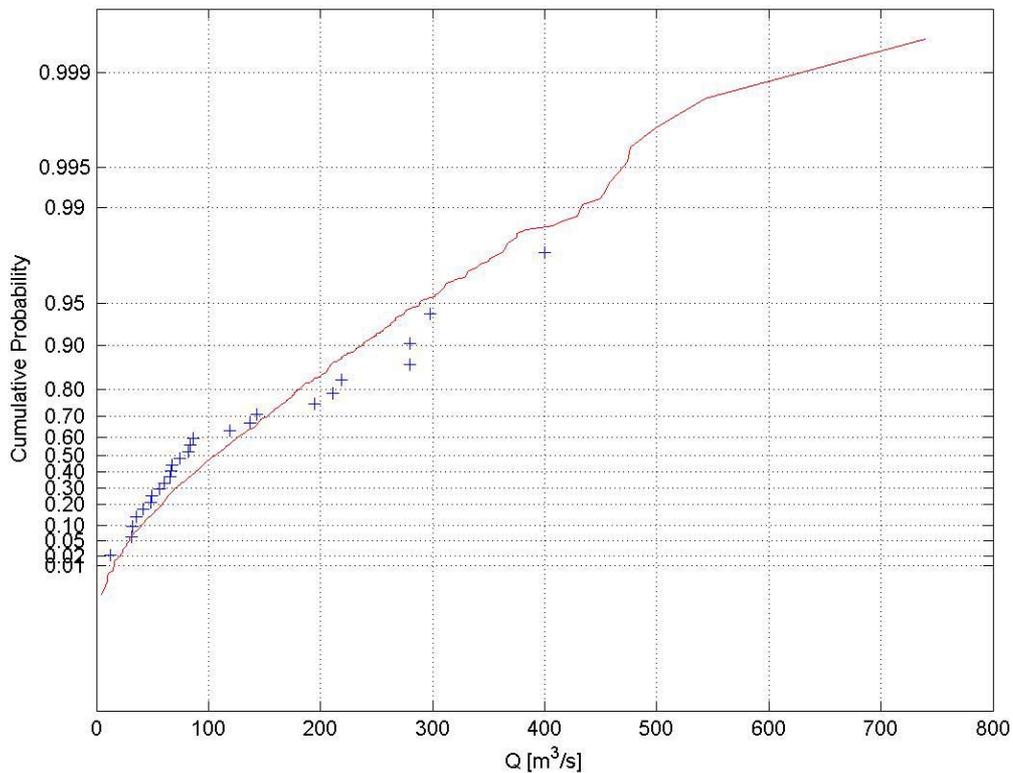


Caso stagionale

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)



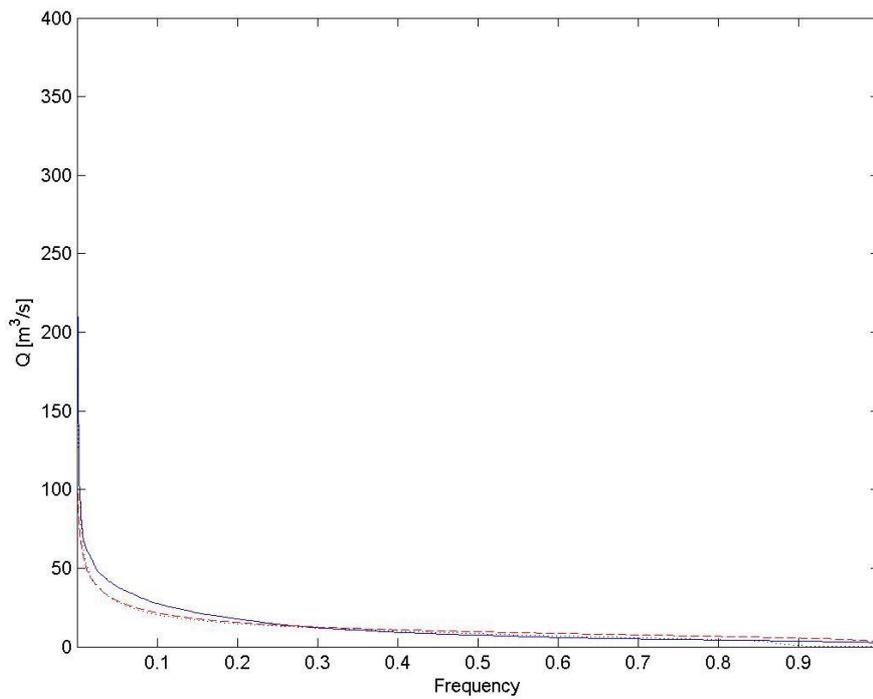
Caso annuale



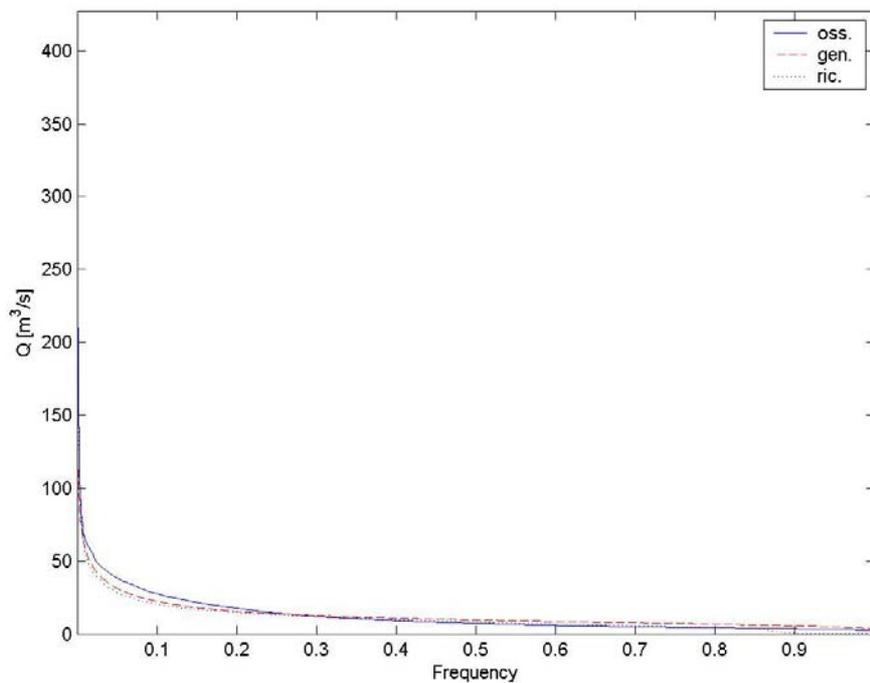
Caso stagionale

- Curva di durata delle portate

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate e puntinata per le ricostruite)

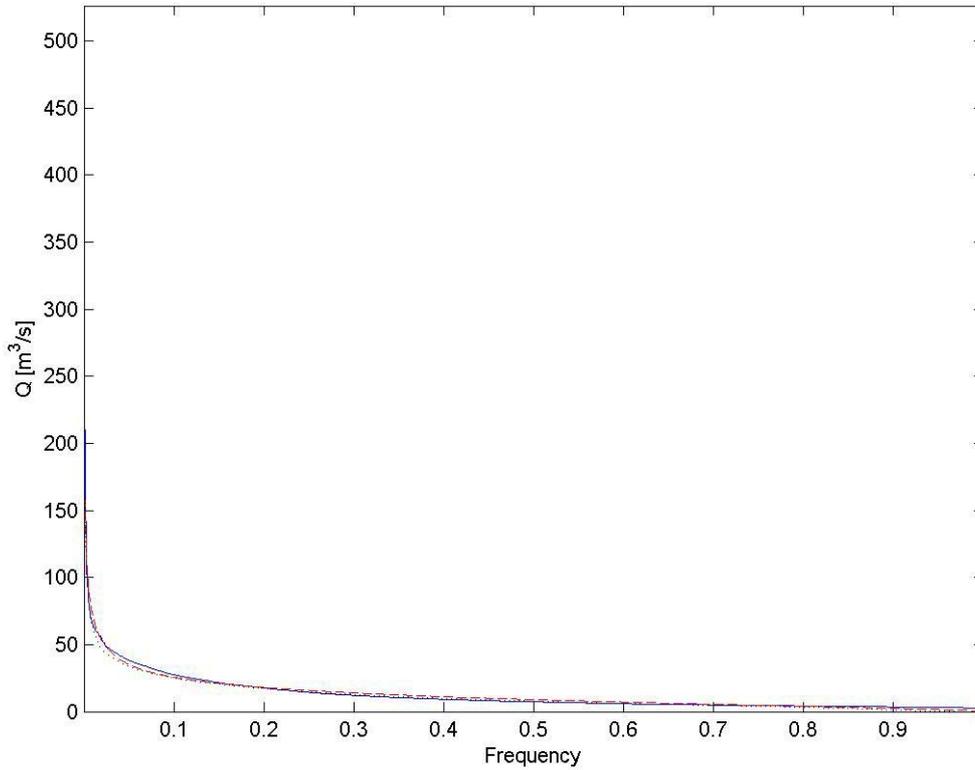


Caso annuale

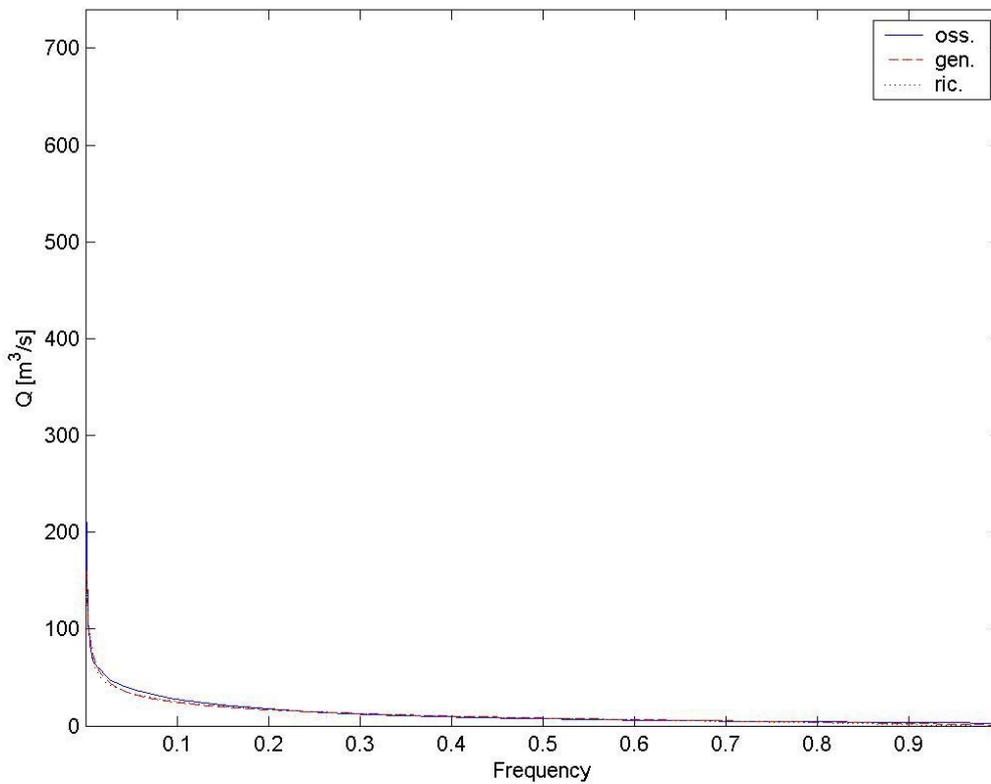


Caso stagionale

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot".

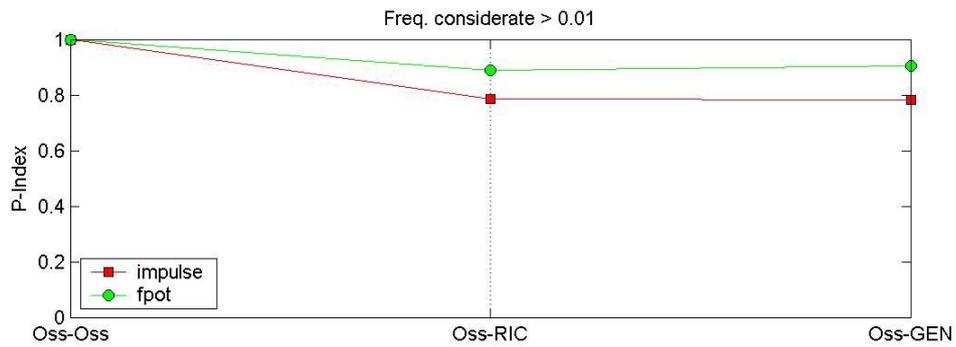
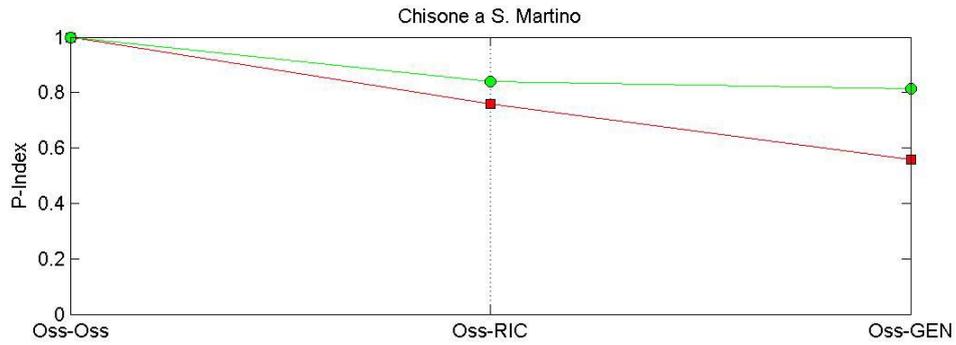


Caso annuale

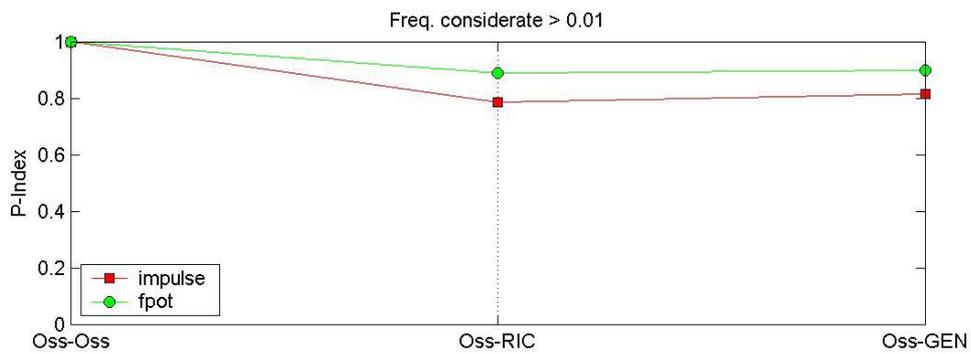
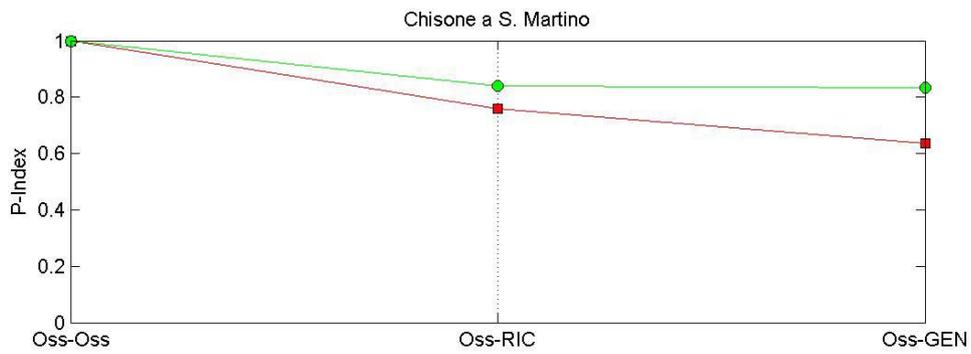


Caso stagionale

- Performance Index P_{INDEX}

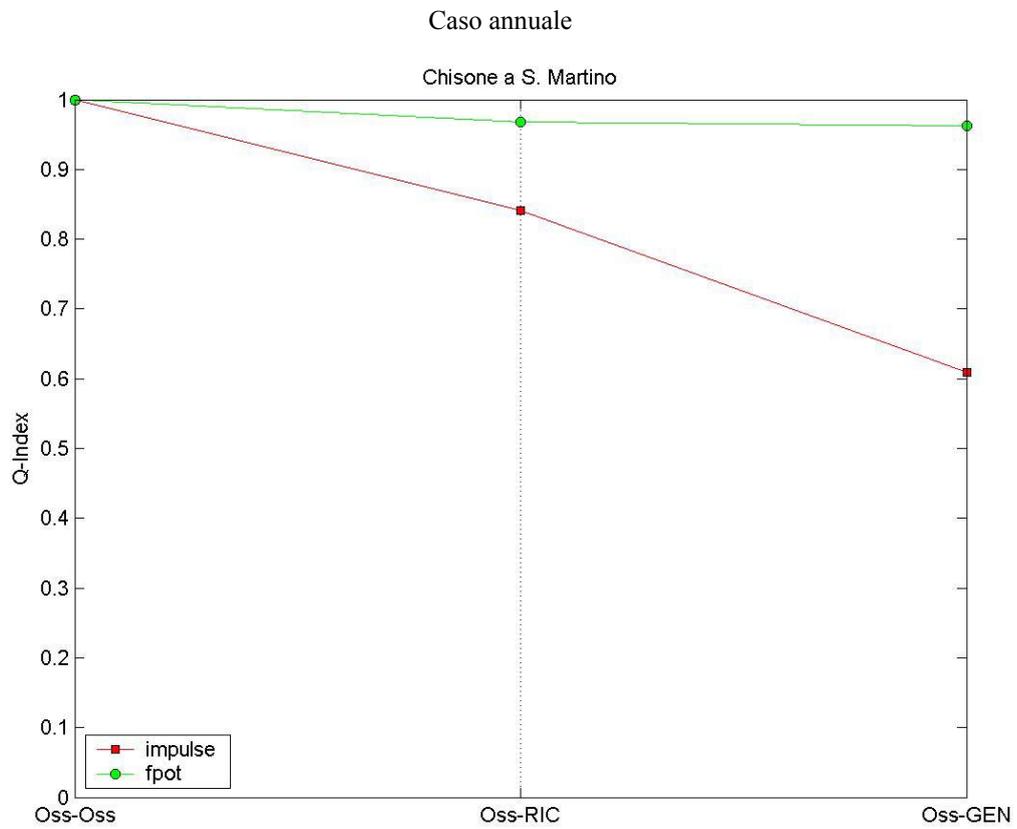
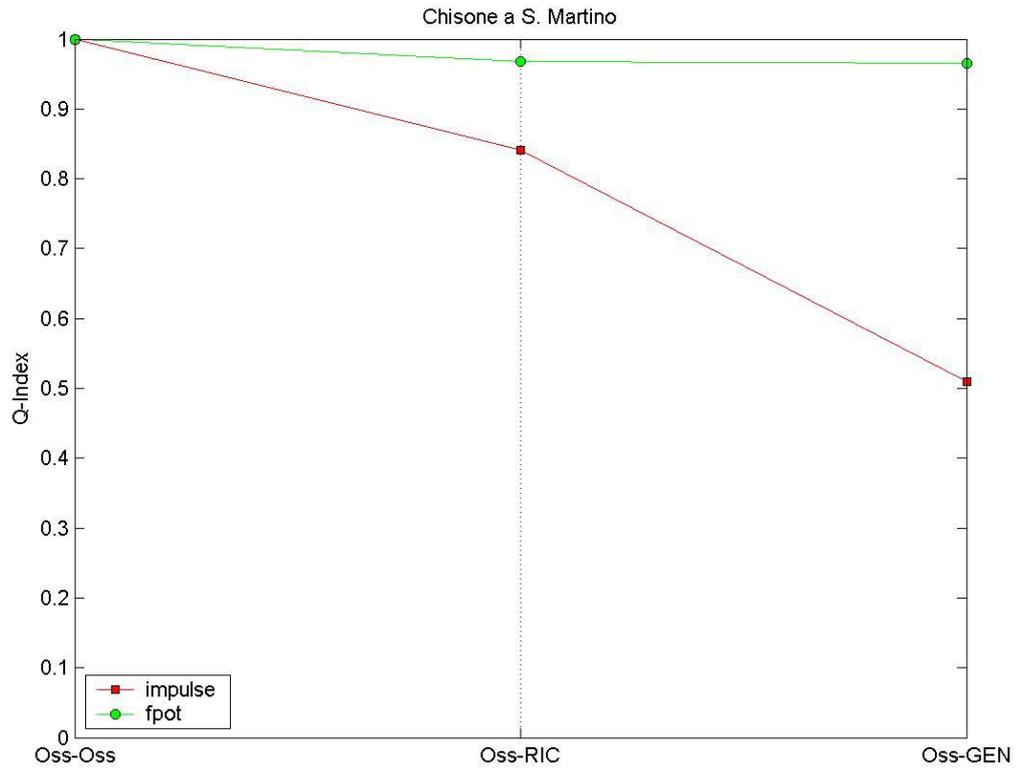


Caso annuale



Caso stagionale

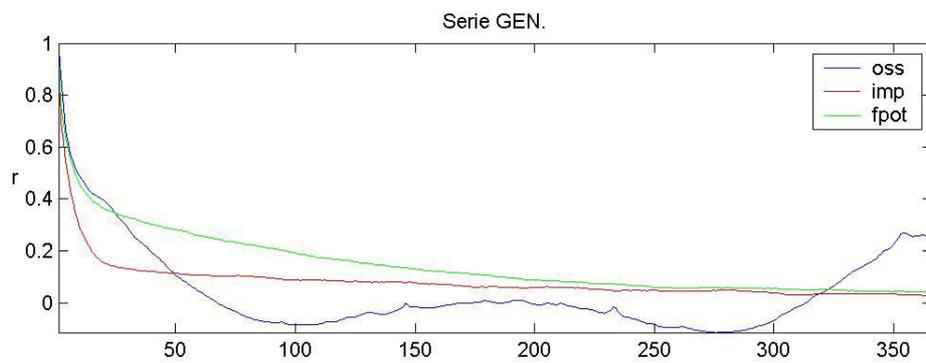
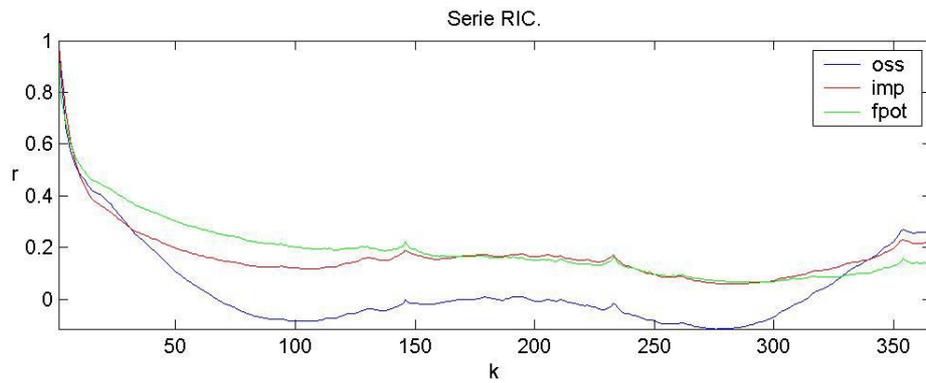
- Indice dei massimi annui Q_{INDEX}



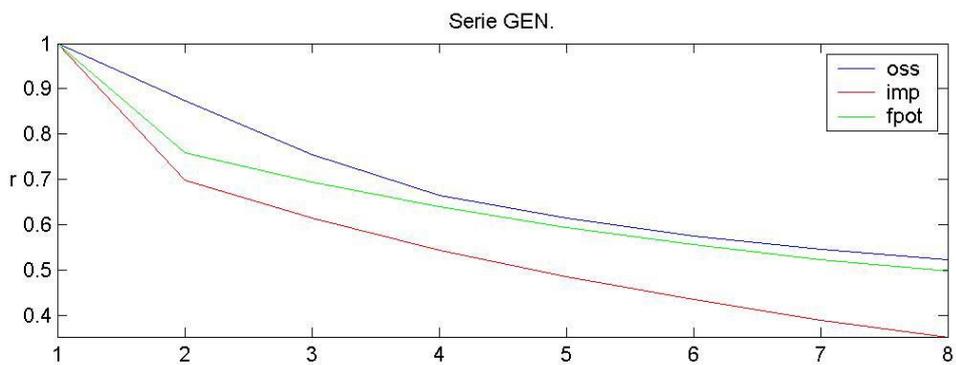
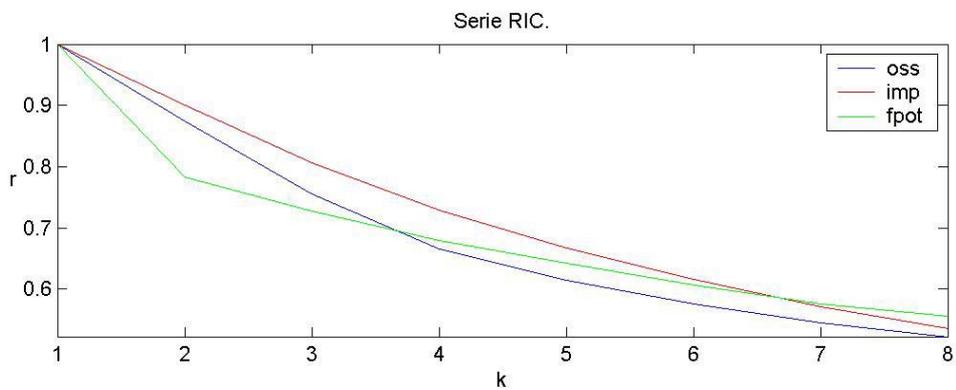
Caso stagionale

- Autocorrelazioni

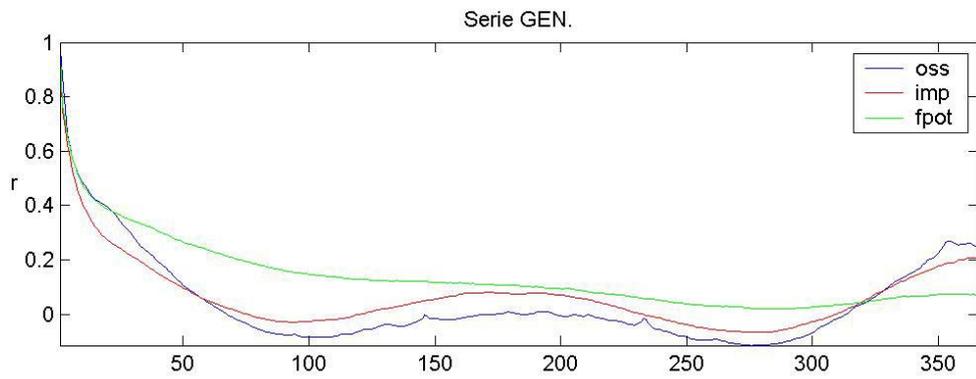
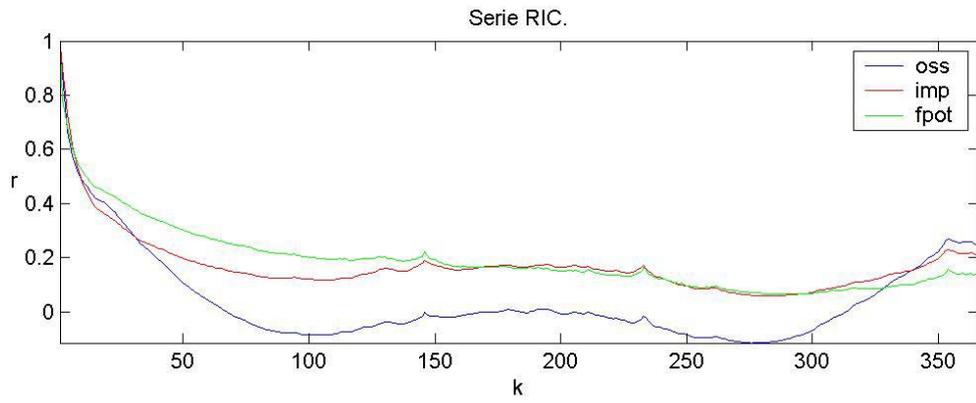
Curve di autocorrelazione dei deflussi valutate per k pari a 365 e 7 giorni. I deflussi sono calcolati a partire dai due tipi di input, quello relativo a parametri annuali e quello generato con parametri stagionali di 28 giorni.



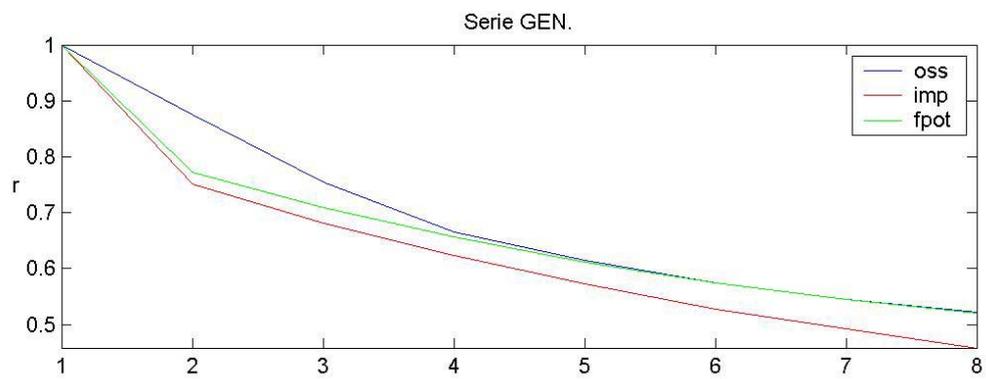
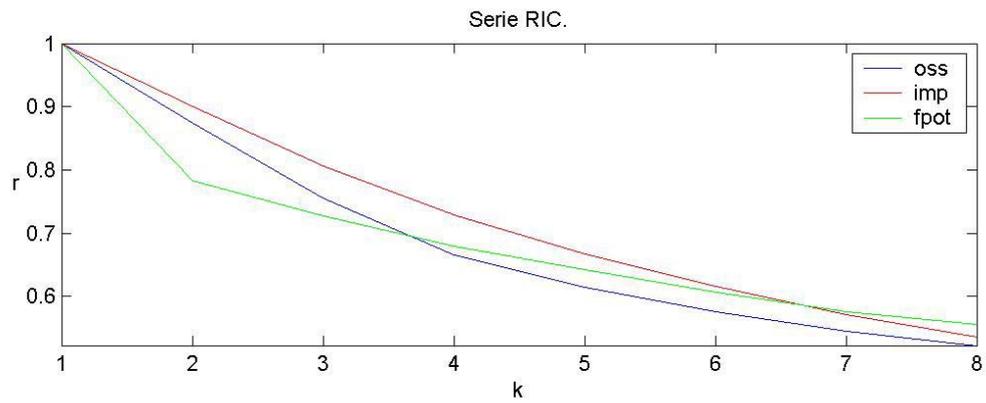
Caso annuale, $k = 365$ gg



Caso annuale, $k = 7$ gg



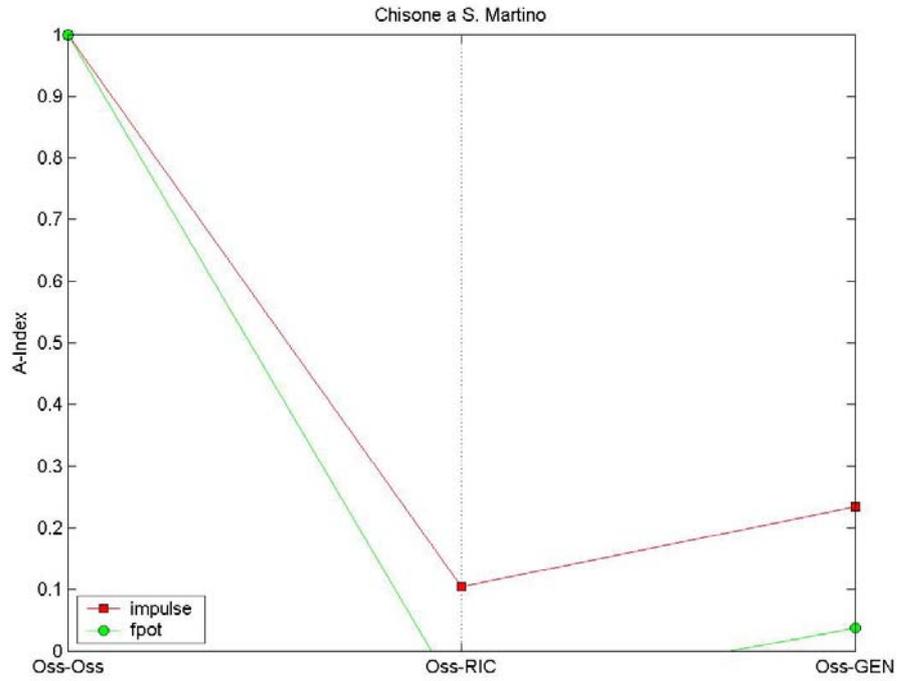
Caso stagionale, k = 365 gg



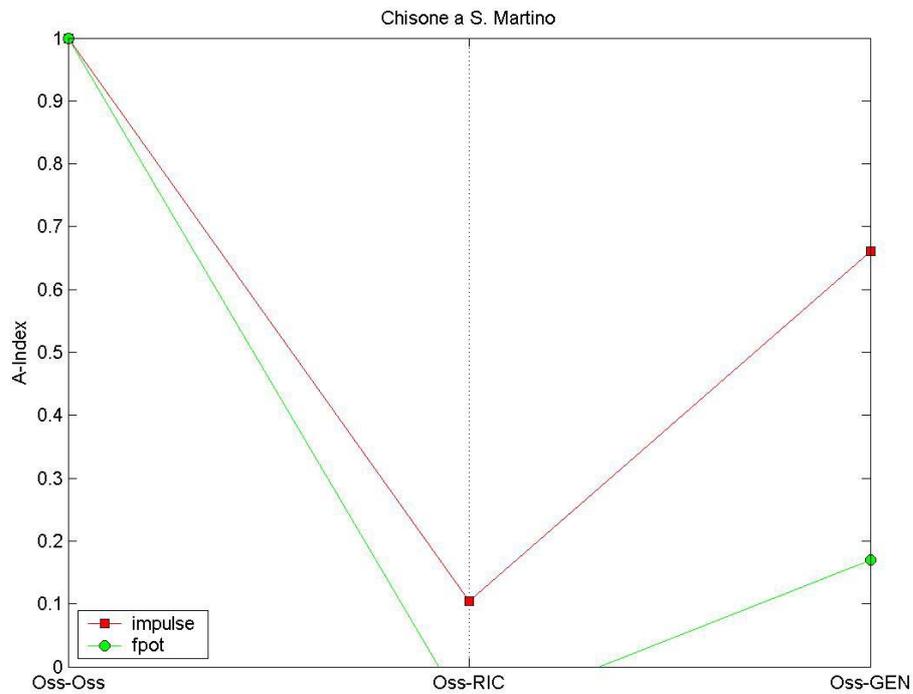
Caso stagionale, k = 7 gg

- A_{INDEX} (Indice delle autocorrelazioni)

E' relativo alle serie delle autocorrelazioni dei deflussi con lag di 365 giorni.



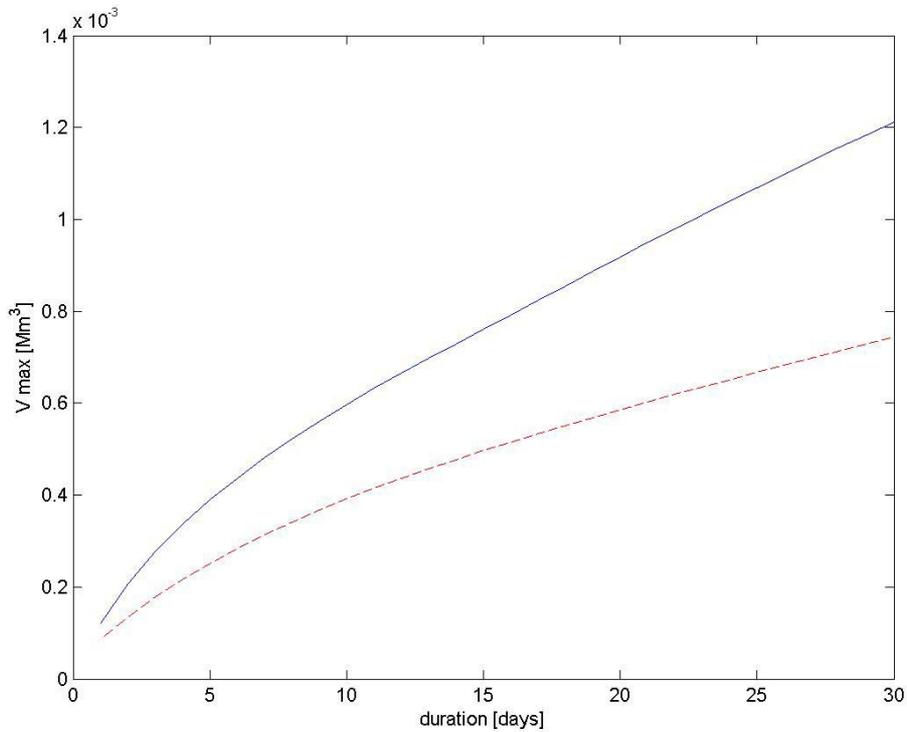
Caso annuale



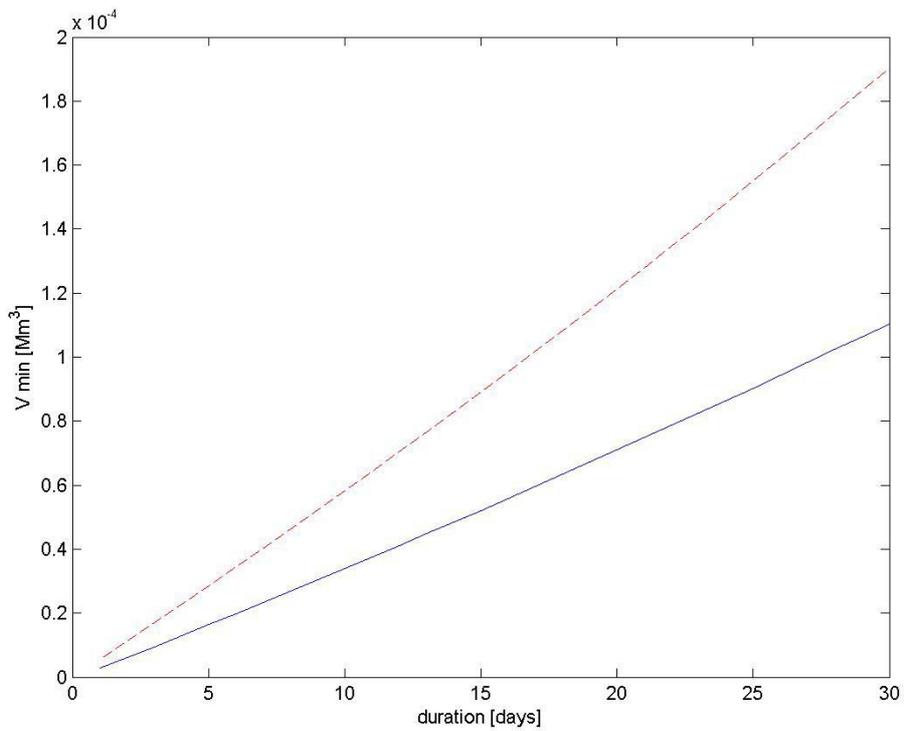
Caso stagionale

- Curve dei volumi massimi (minimi) medi annui

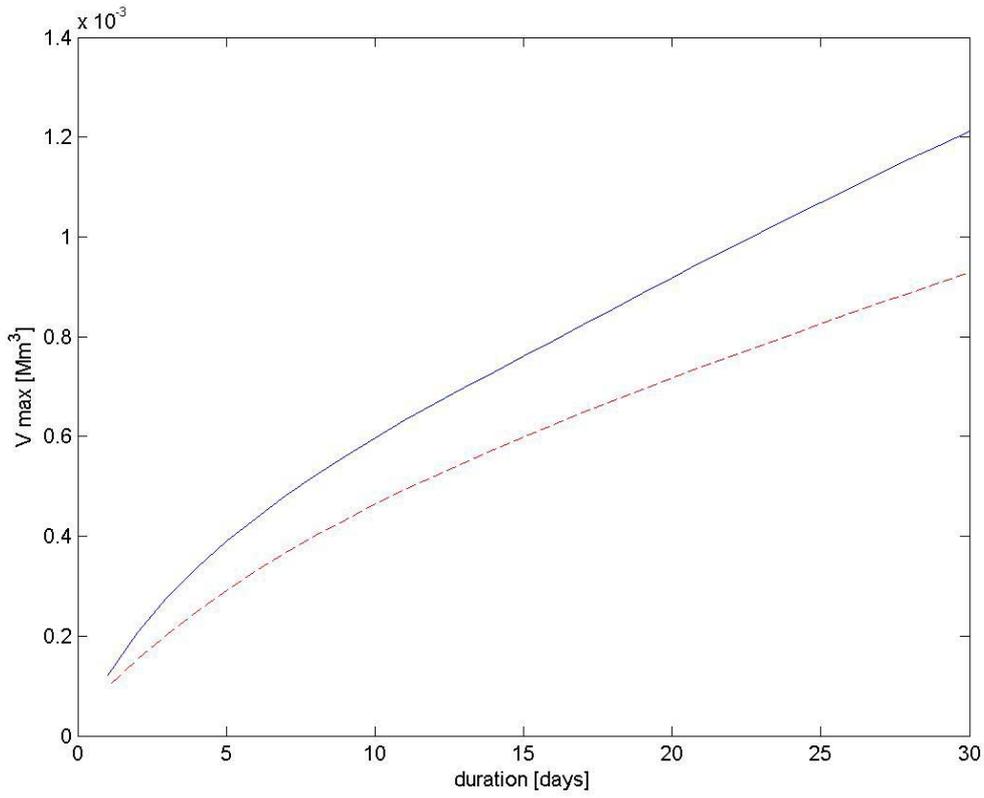
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



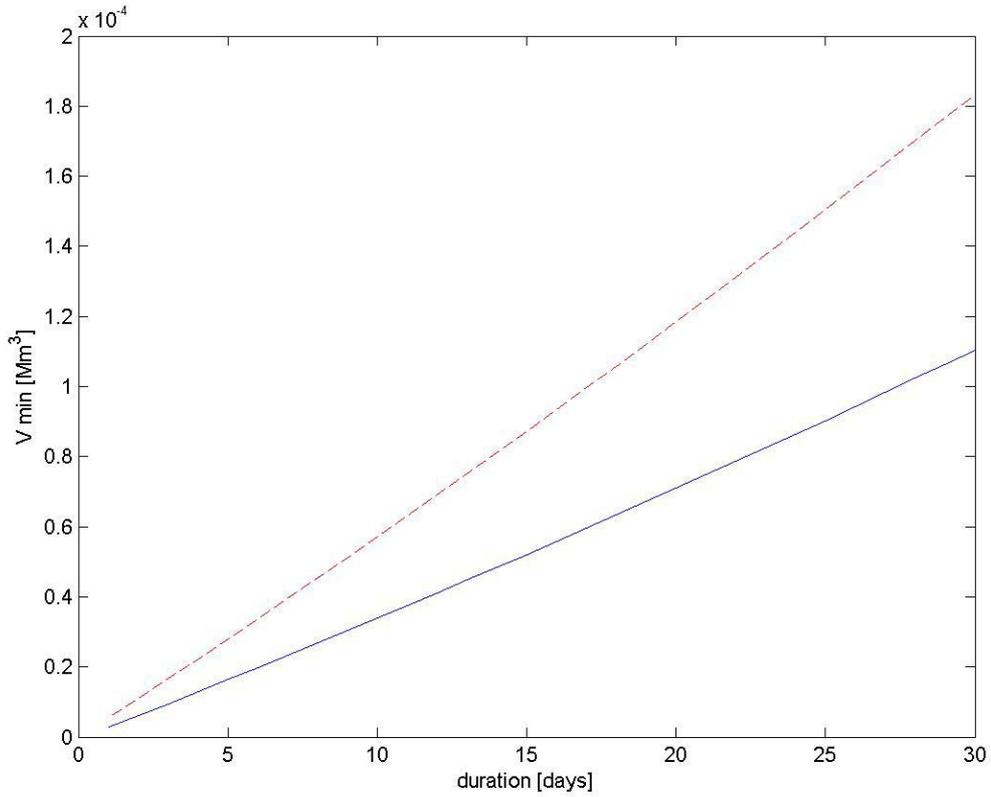
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale

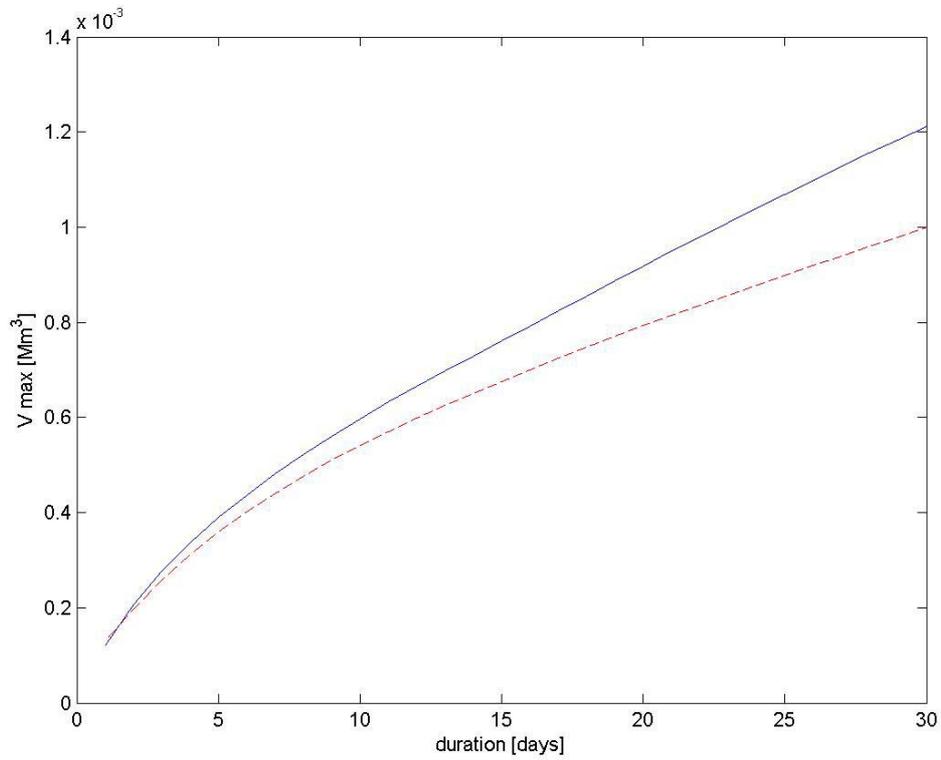


Serie dei V_{MAX}, caso stagionale

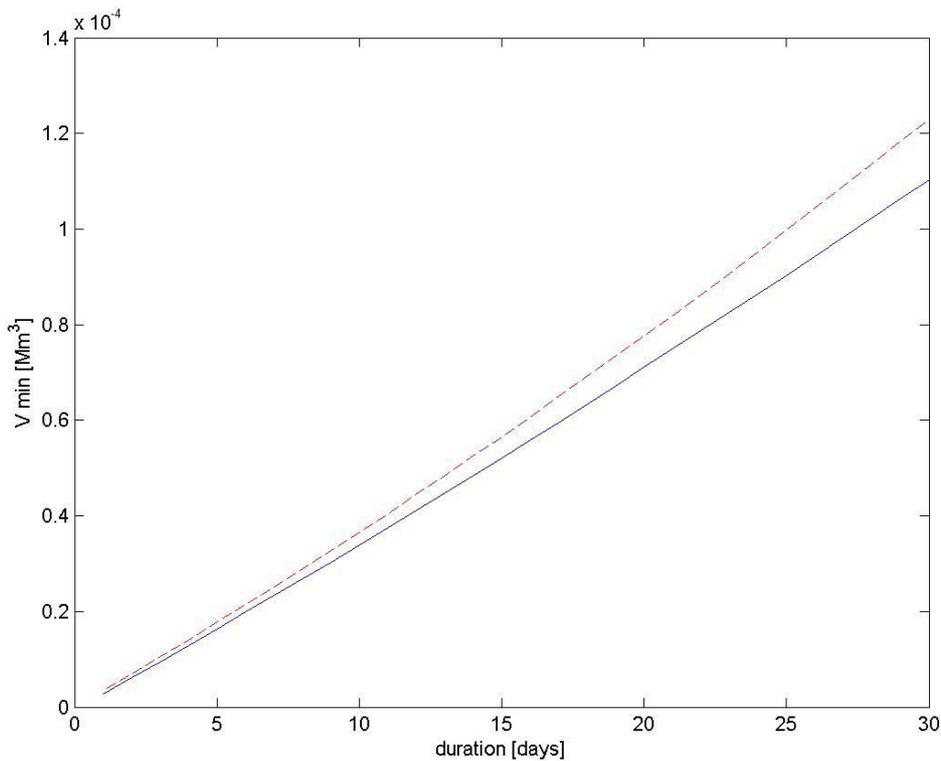


Serie dei V_{MIN}, caso stagionale

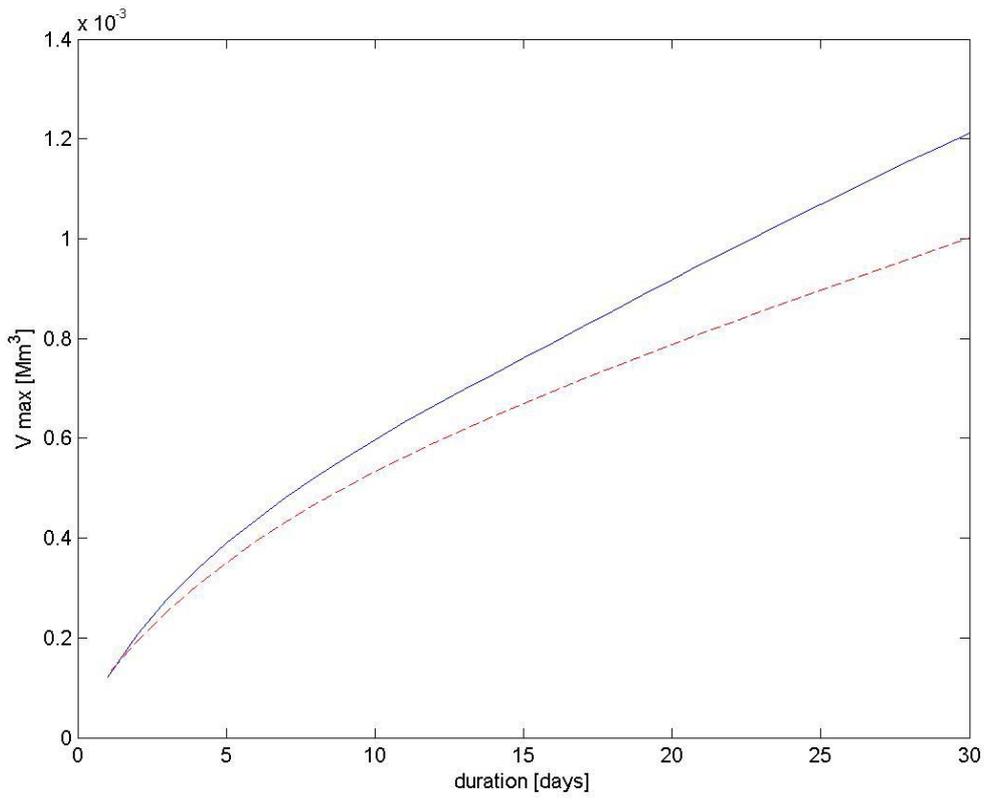
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



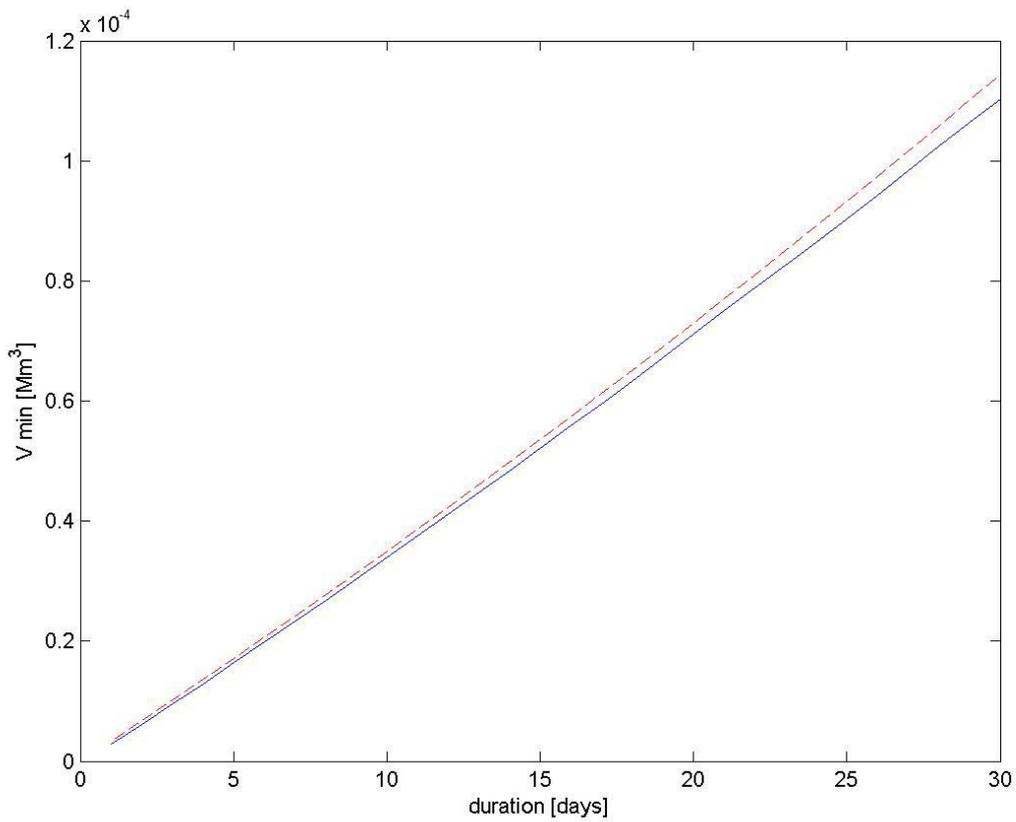
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale



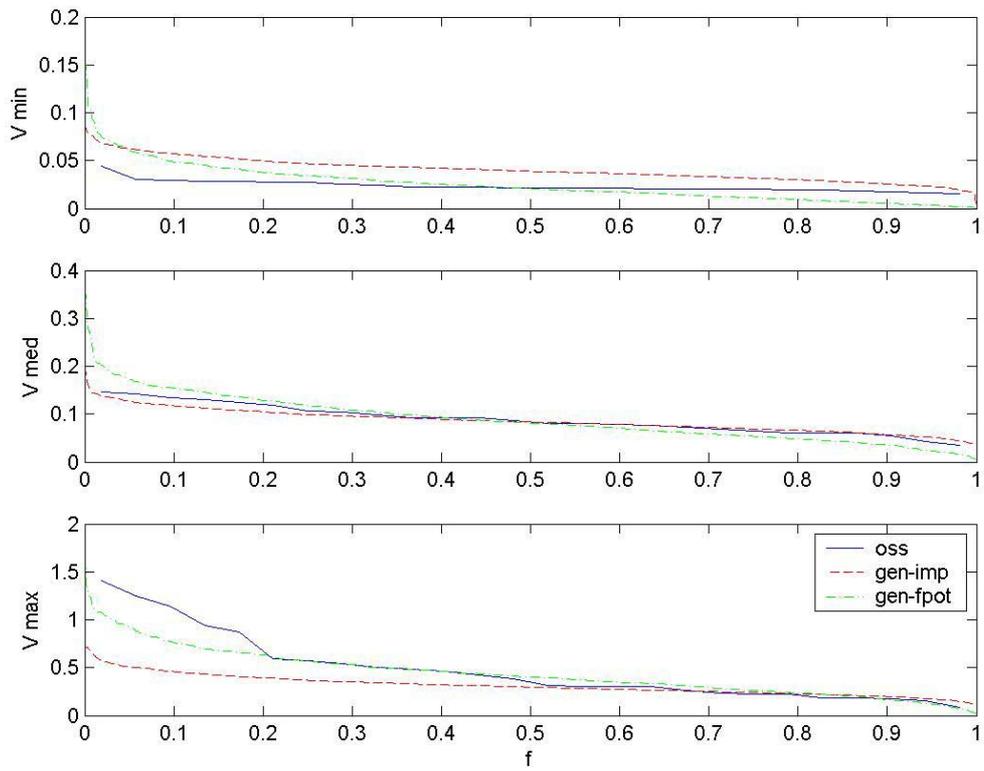
Serie dei V_{MAX} , caso stagionale



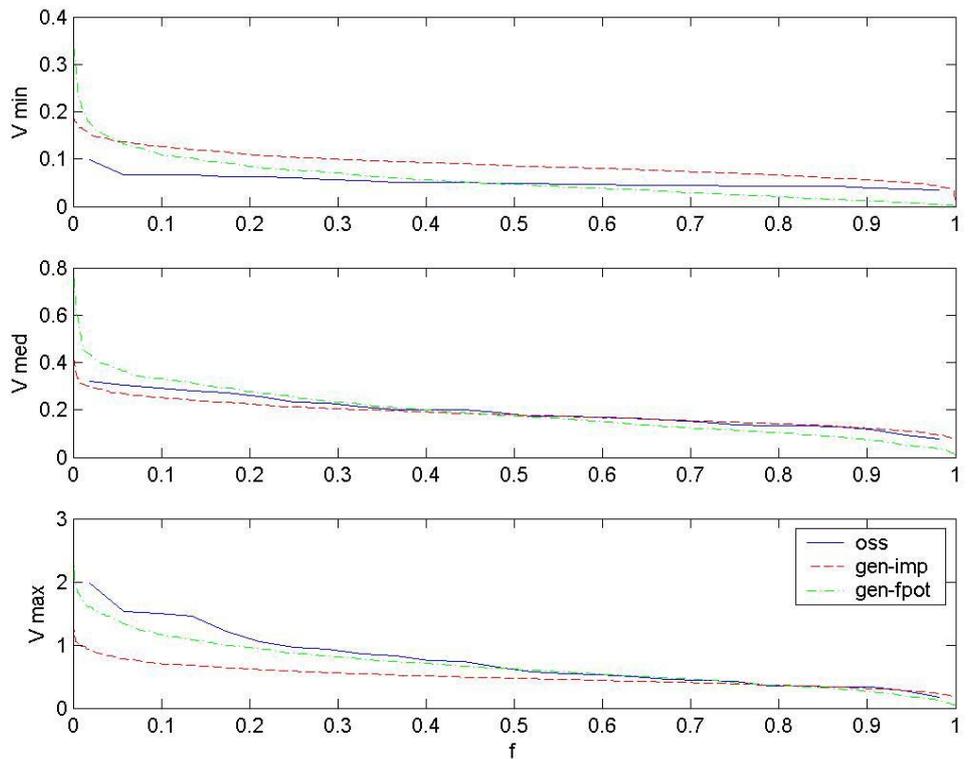
Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

- Curve di frequenza dei volumi

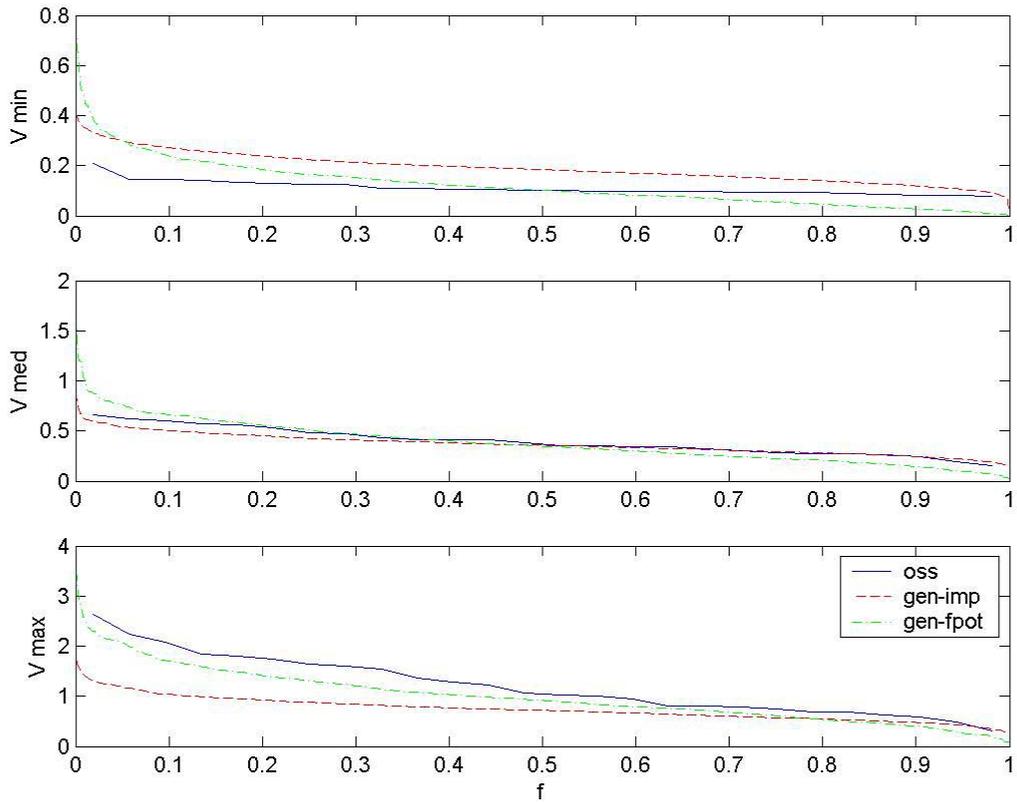
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di 7, 15 e 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni.



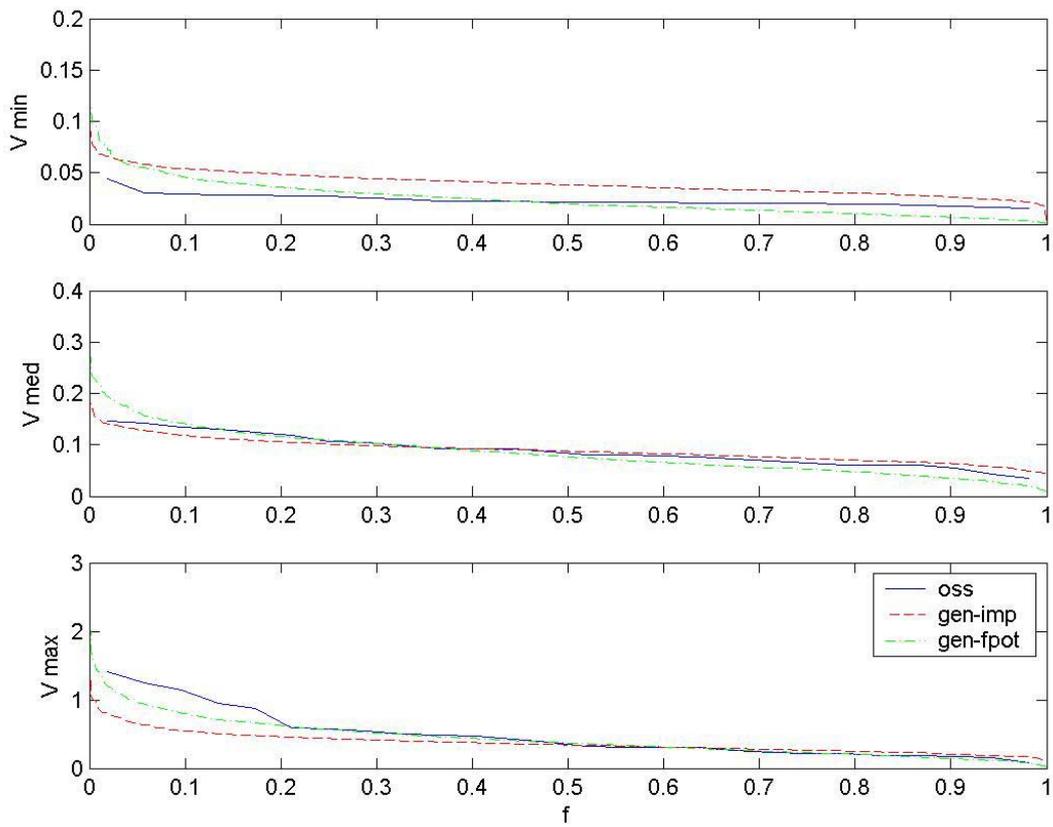
Caso annuale, finestra di integrazione di 7 giorni



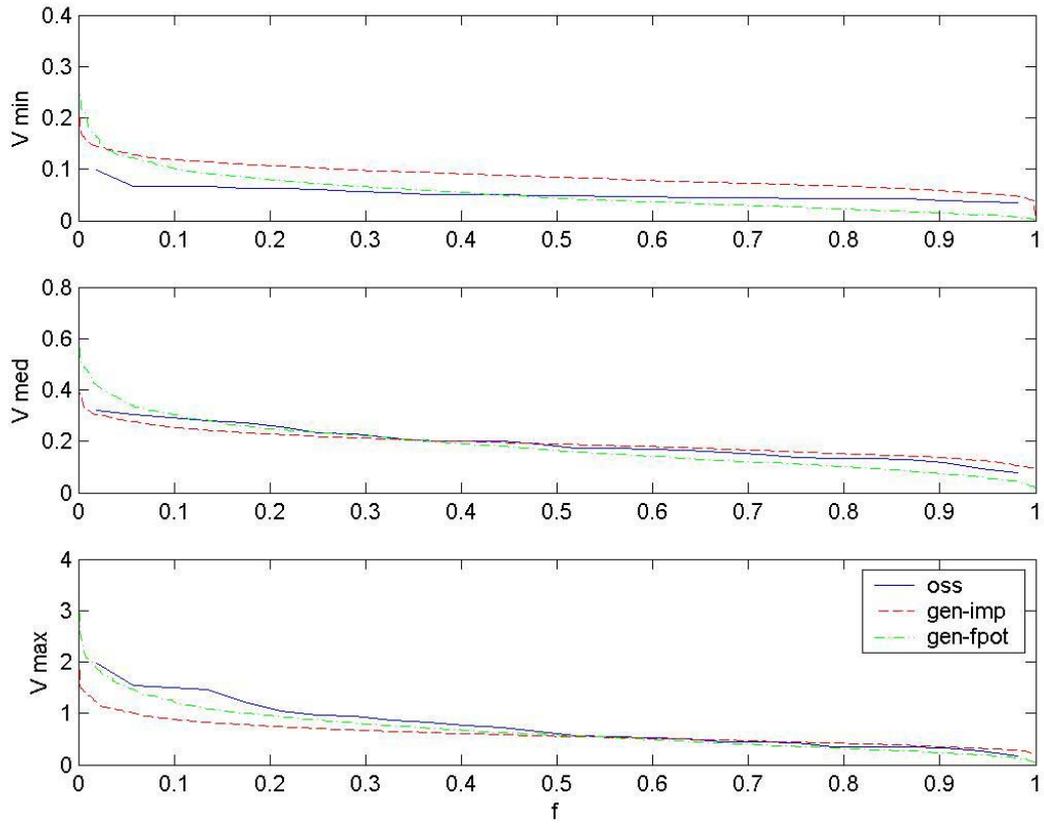
Caso annuale, finestra di integrazione di 15 giorni



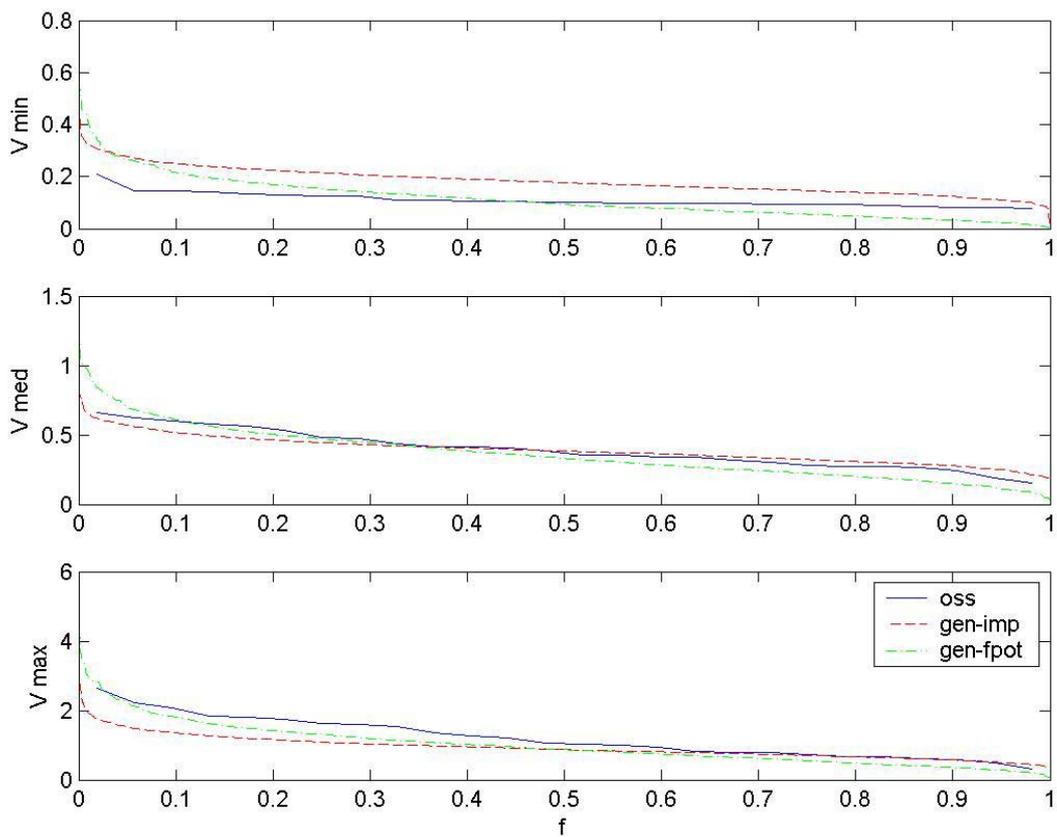
Caso annuale, finestra di integrazione di 30 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 7 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 15 giorni



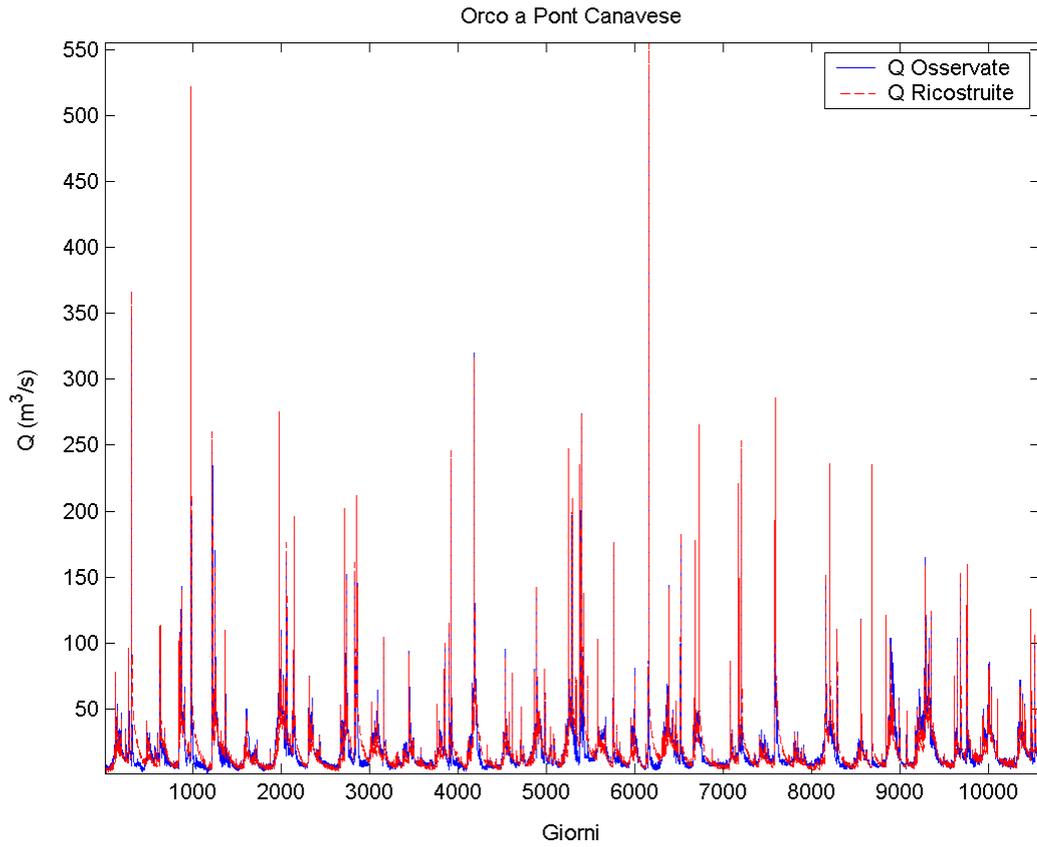
Caso stagionale, finestra di integrazione di 30 giorni

B.5 Orco a Pont Canavese

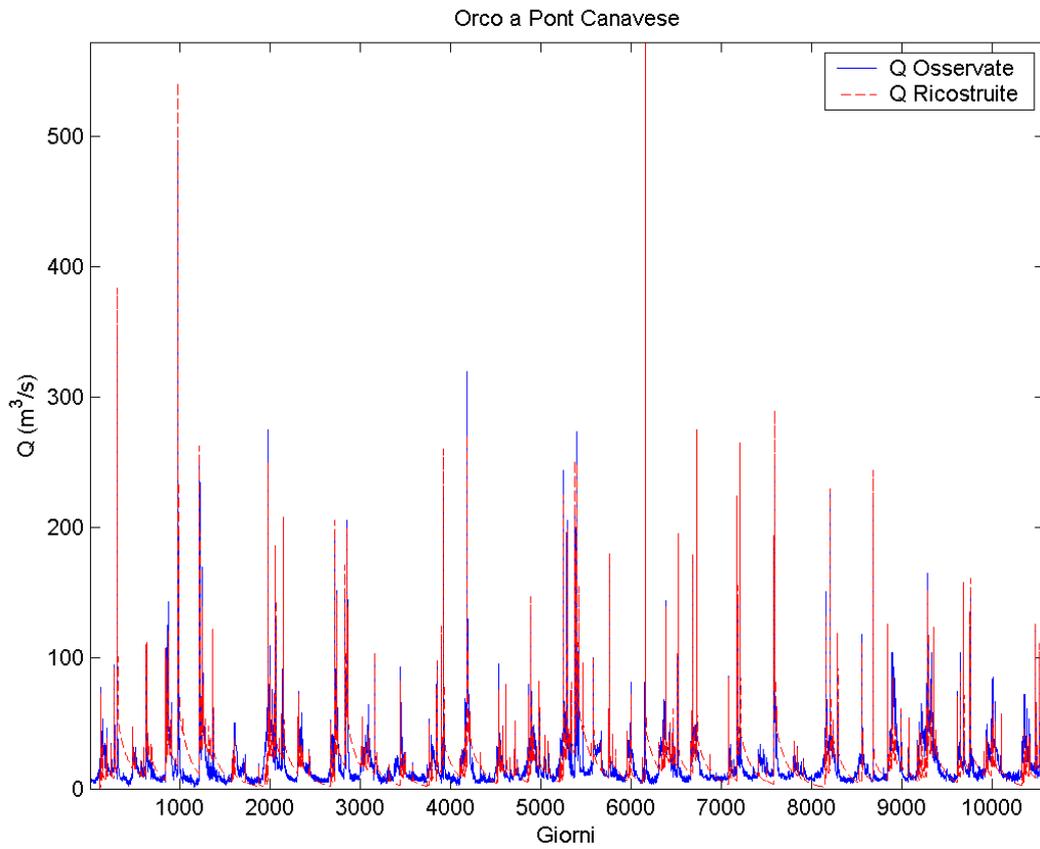
B.5.1 Parametri del modello Shot Noise

Shot Noise con input iniziale <i>impulse</i>	Shot Noise con input iniziale <i>spot</i> *
Cod.: 19	Cod.: 19
Bacino: Orco a Pont Canavese	Bacino: Orco a Pont Canavese
$R^2 = 0.8528$ Int h = 0.9880	$R^2 = 0.5535$ Int h = 0.9880
----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----	----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----
c0 (-) 0.0997	c0 (-) 0.0571
c1 (-) 0.1850	c1 (-) 0.1329
c2 (-) 0.7153	c2 (-) 0.8100
k1 (gg) 2.0751	k1 (gg) 3.0986
k2 (gg) 61.8570	k2 (gg) 135
----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 255	----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 810

* si intende privo del processo di deconvoluzione



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “impulse”



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “fpot”

B.5.2 Serie sintetiche

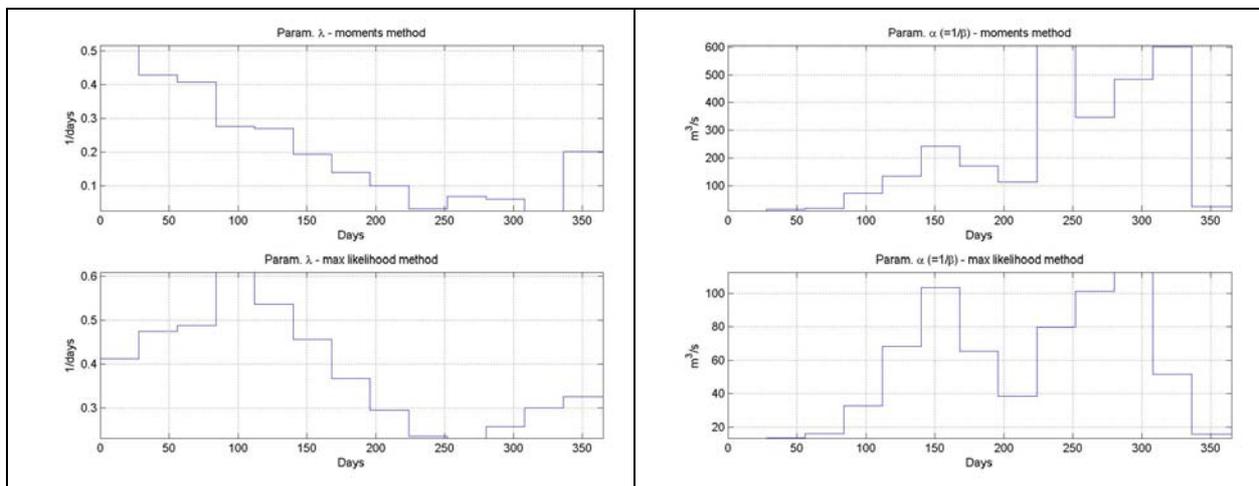
- Parametri del modello di generazione

Bacino: Orco a Ponte Canavese
 Tipo input iniziale: impulse

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0728
 alfa = 264.9099

Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".



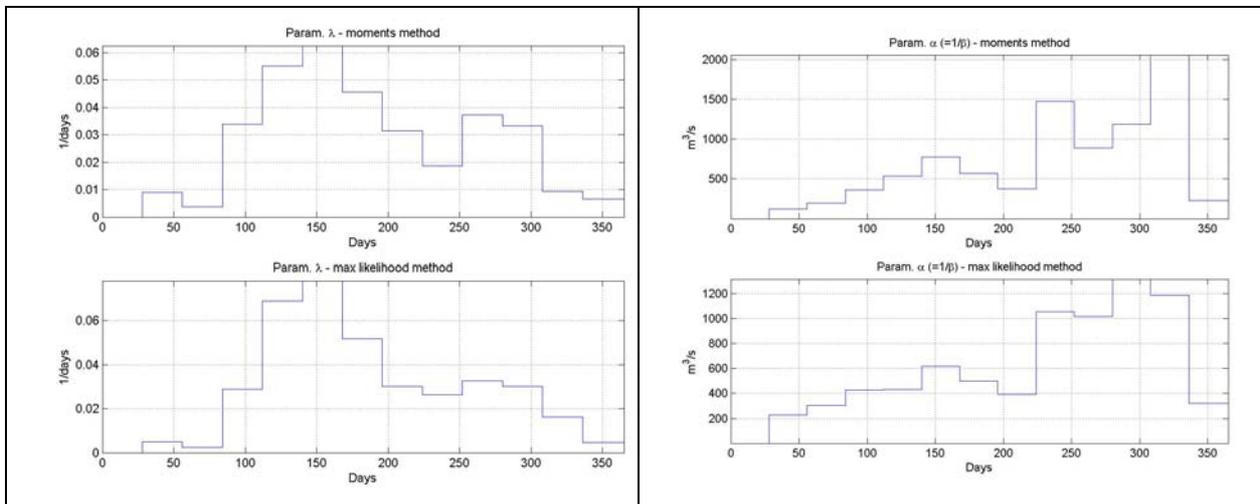
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".

Bacino: Orco a Ponte Canavese
 Tipo input iniziale: fpot

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0206
 alfa = 931.6057

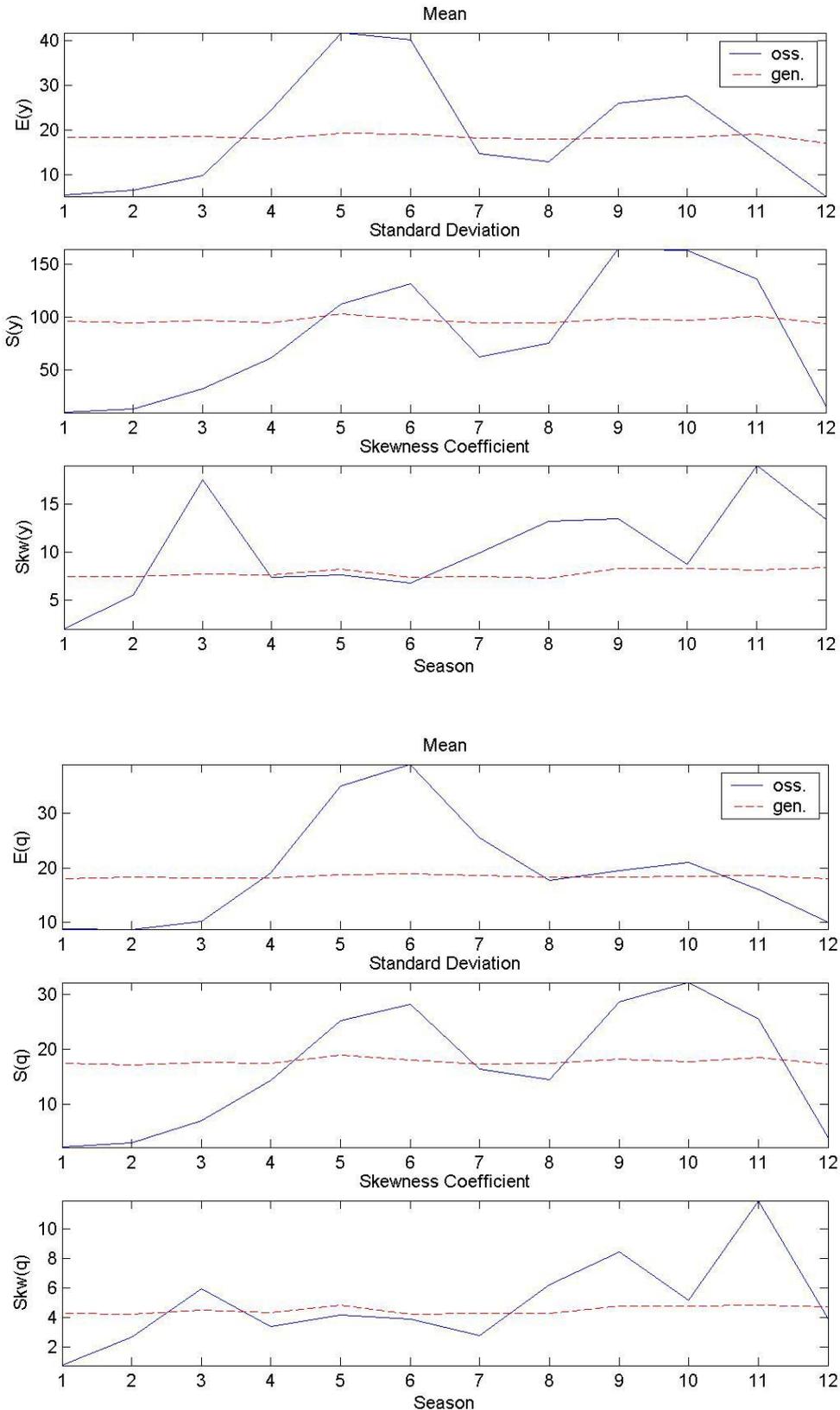
Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".



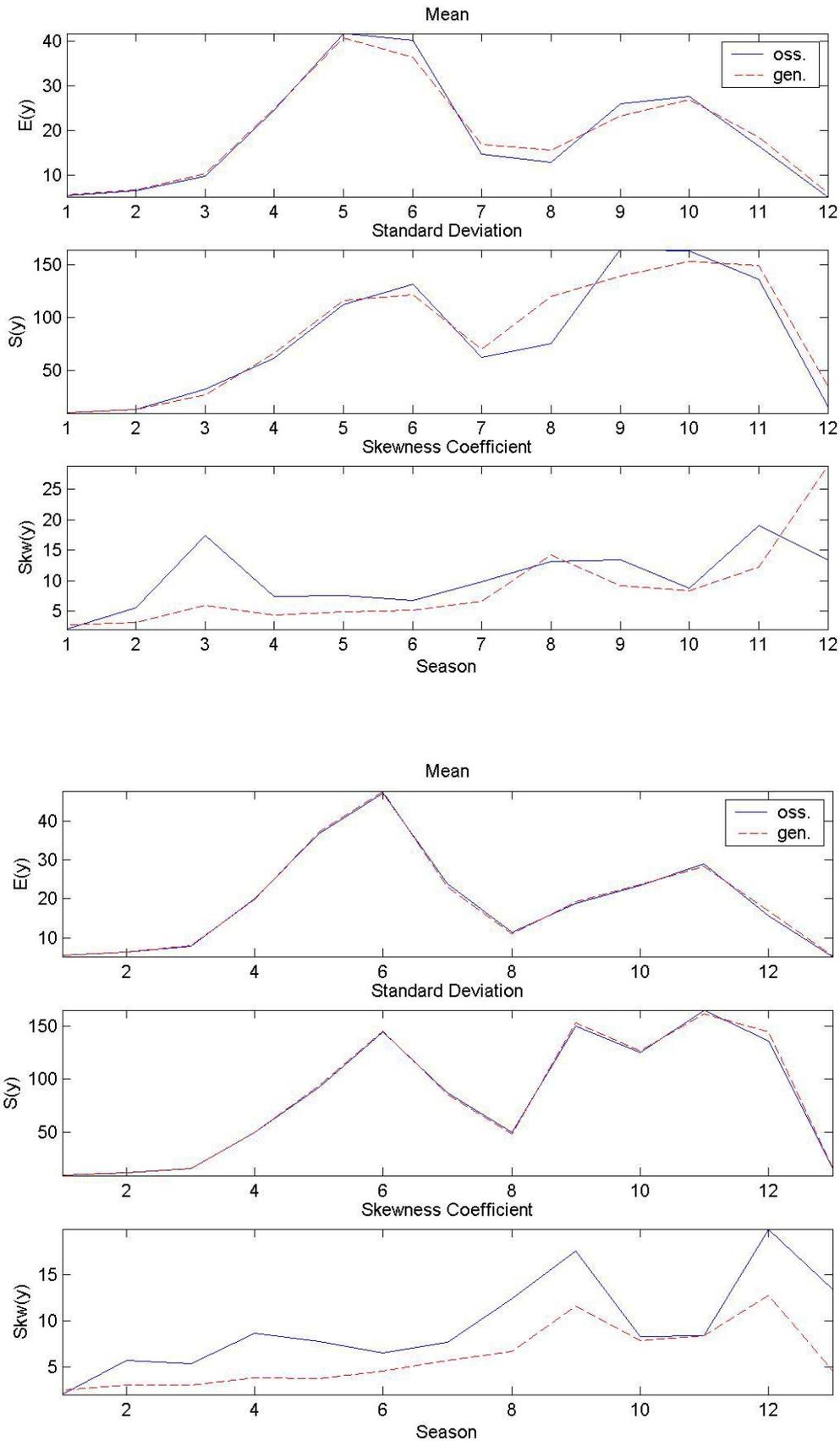
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".

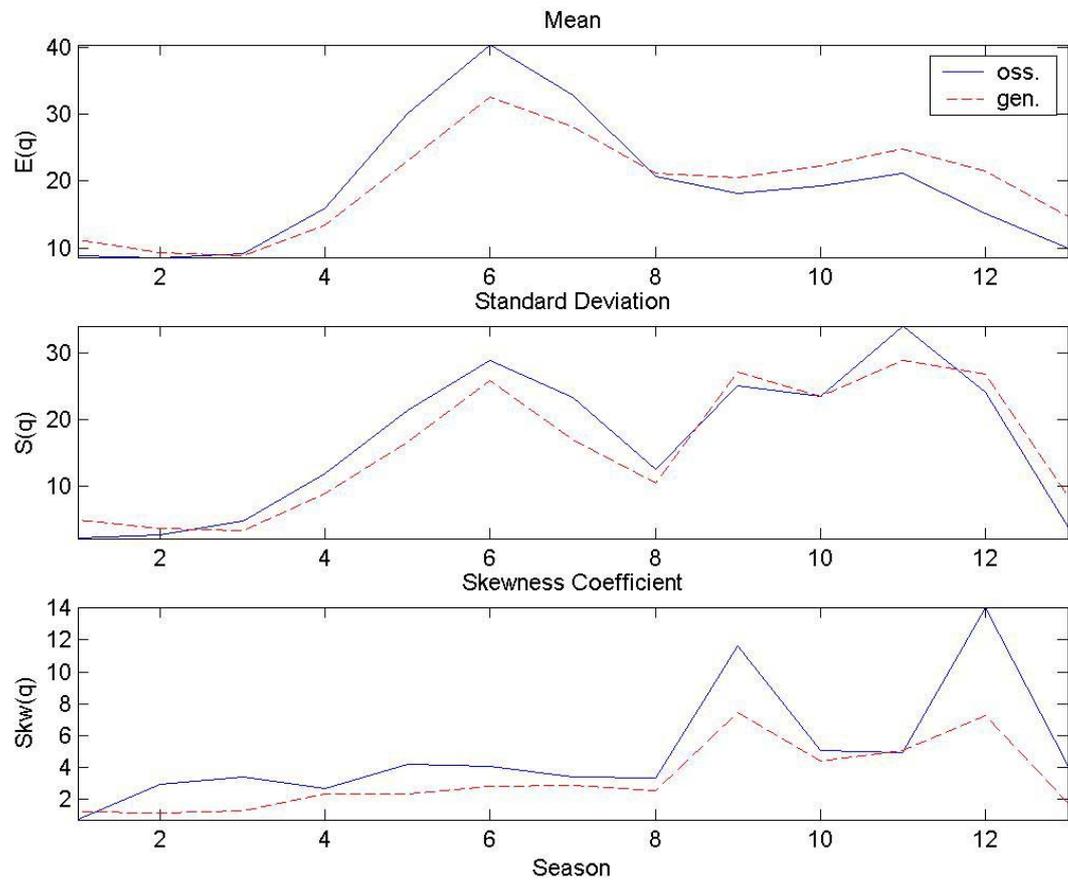
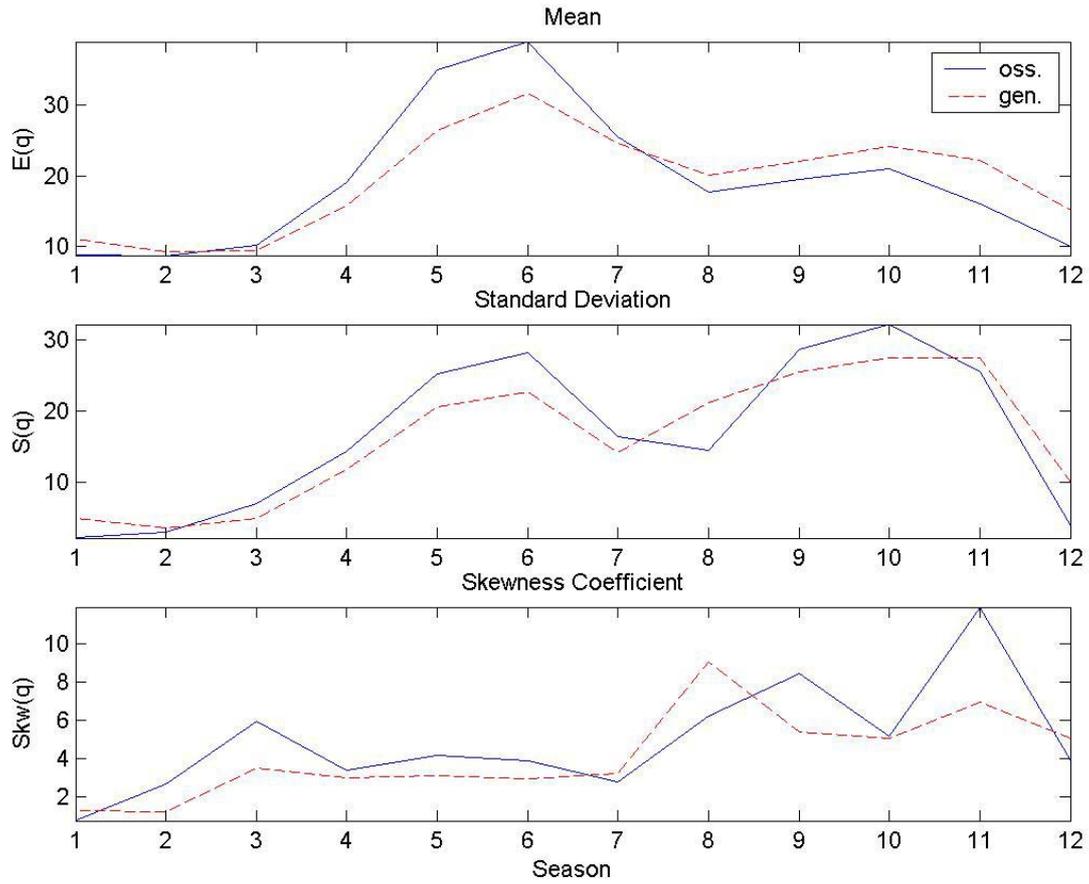
- Statistiche a confronto delle serie osservate e generate

Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.

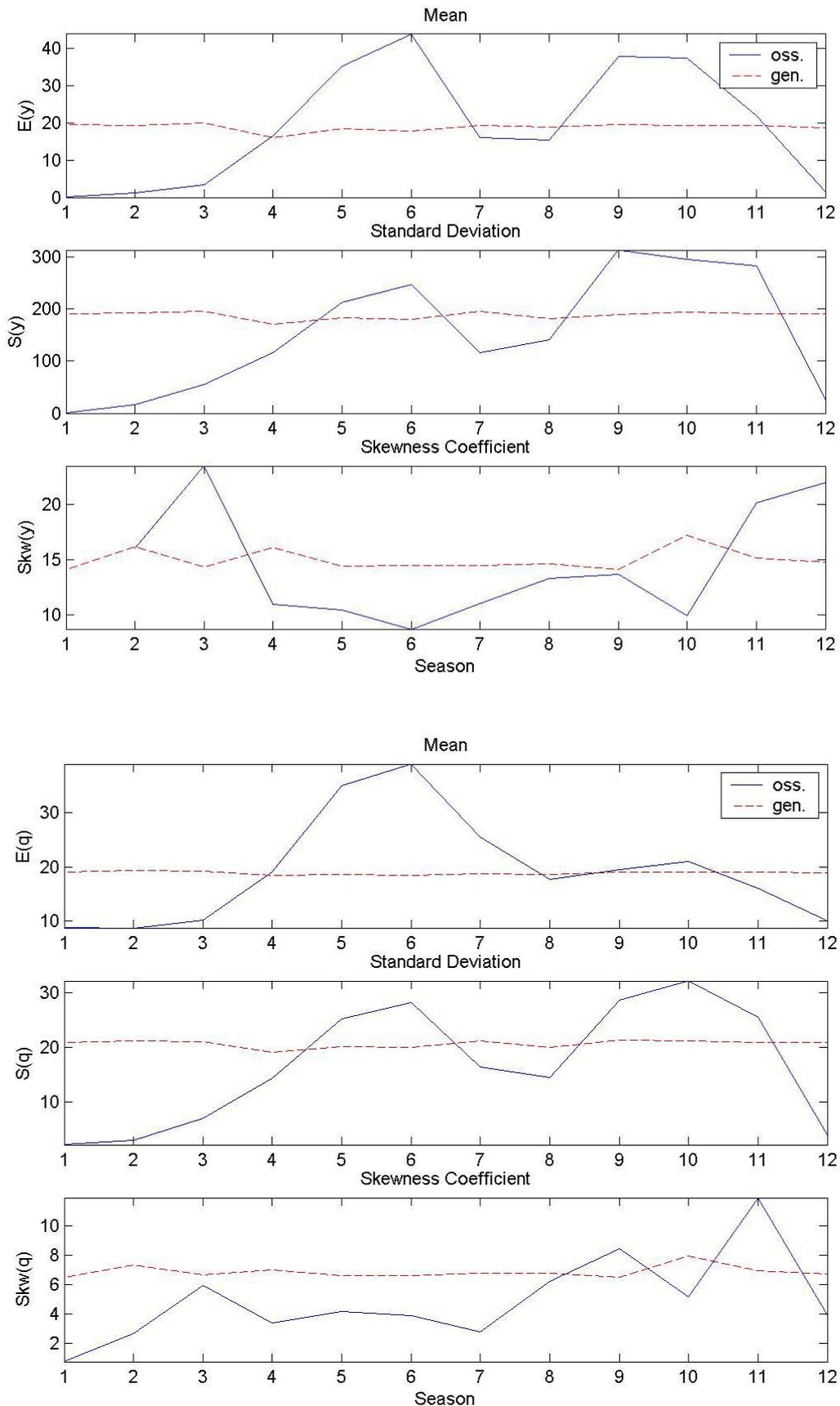


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.

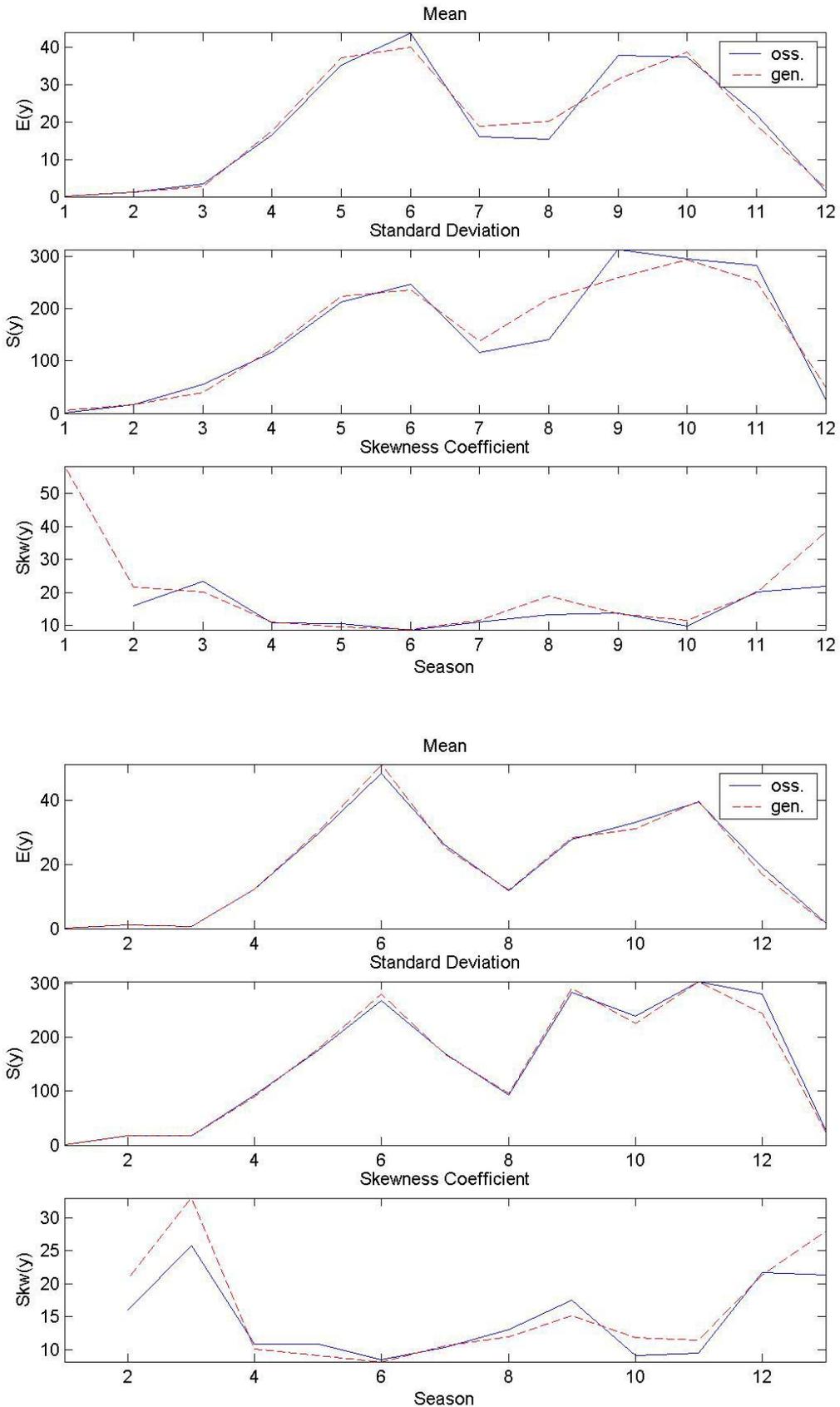


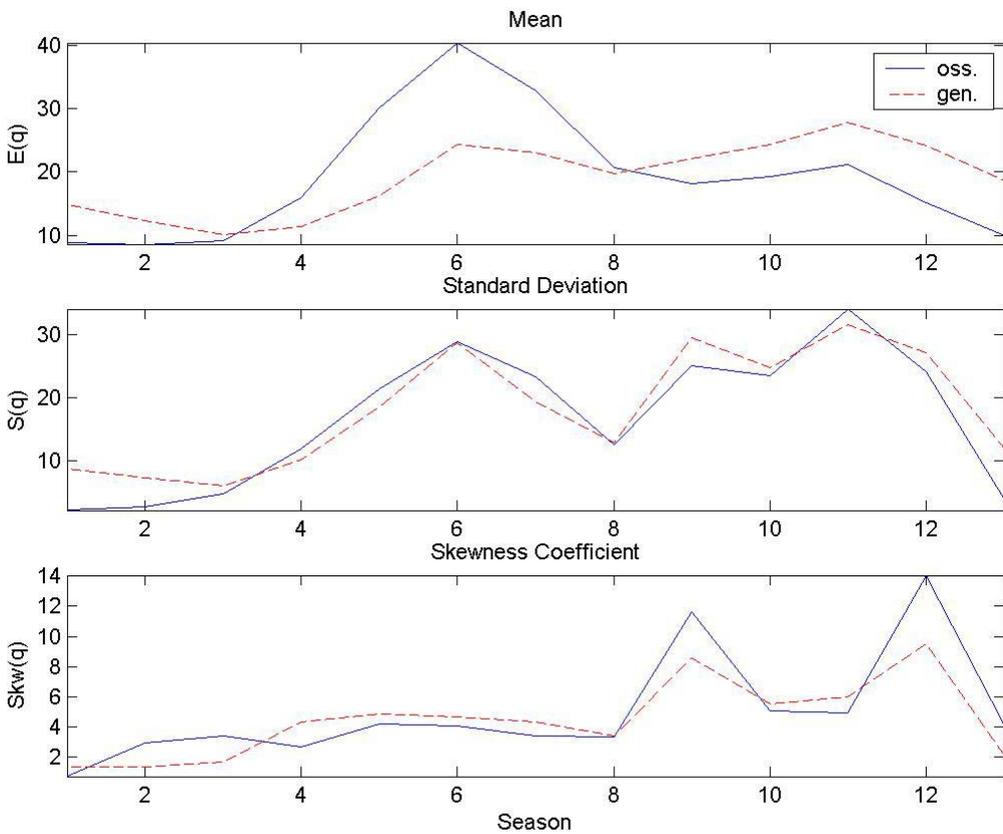
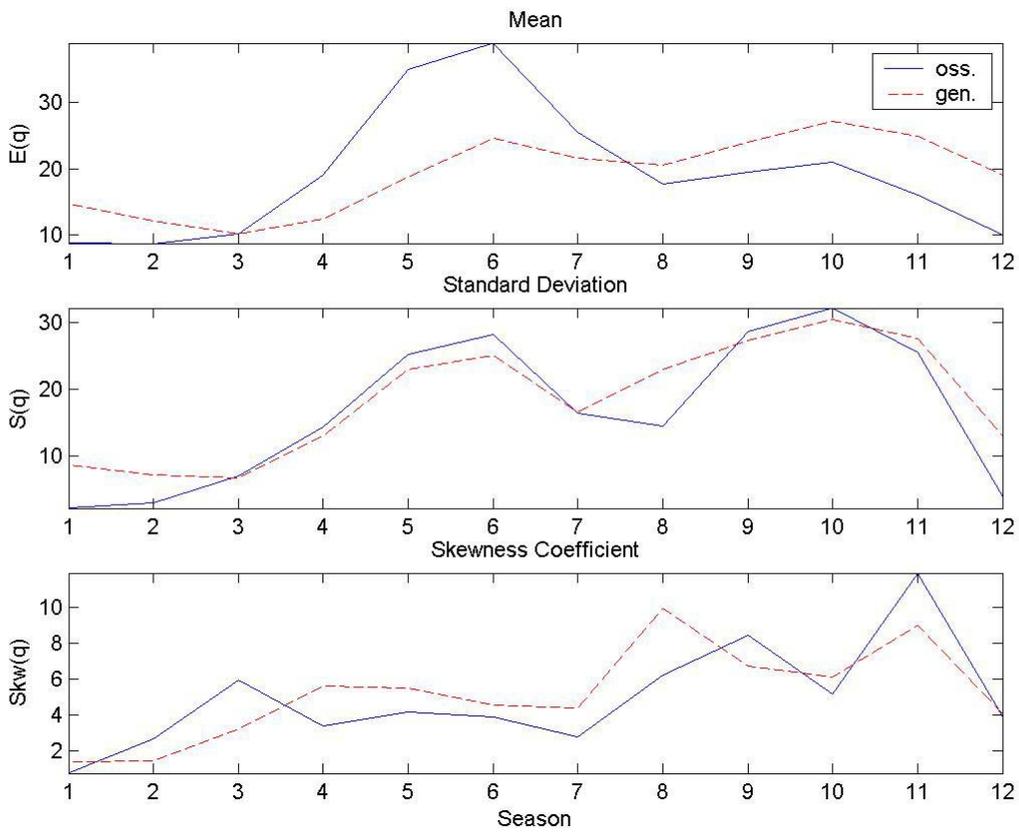


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.



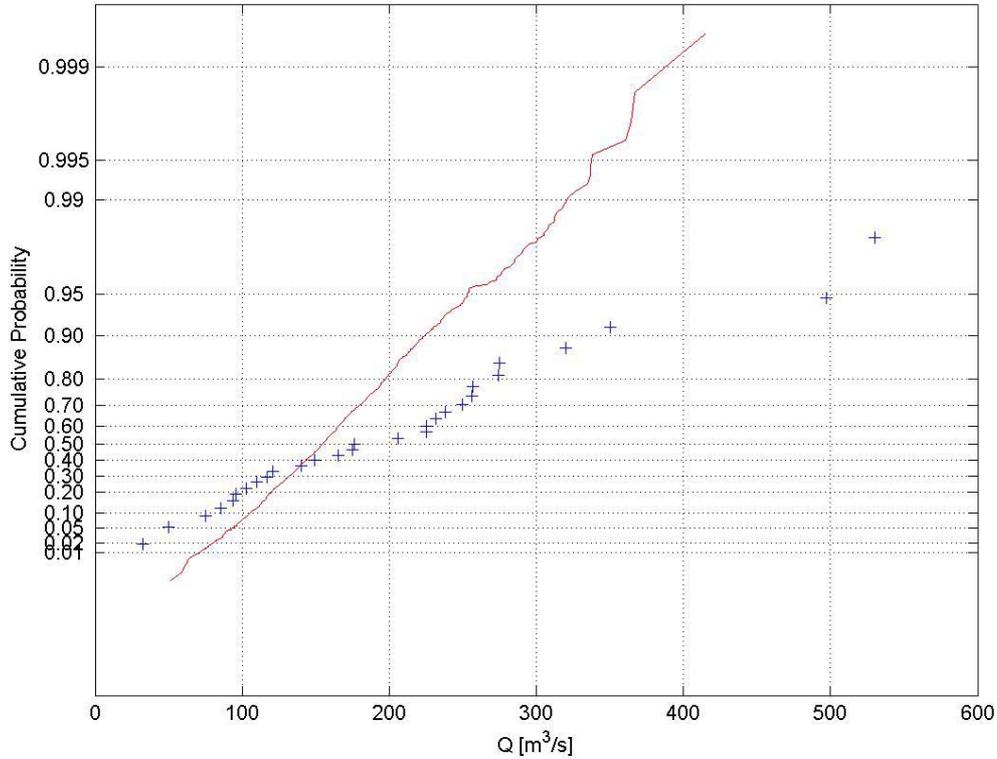
Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.



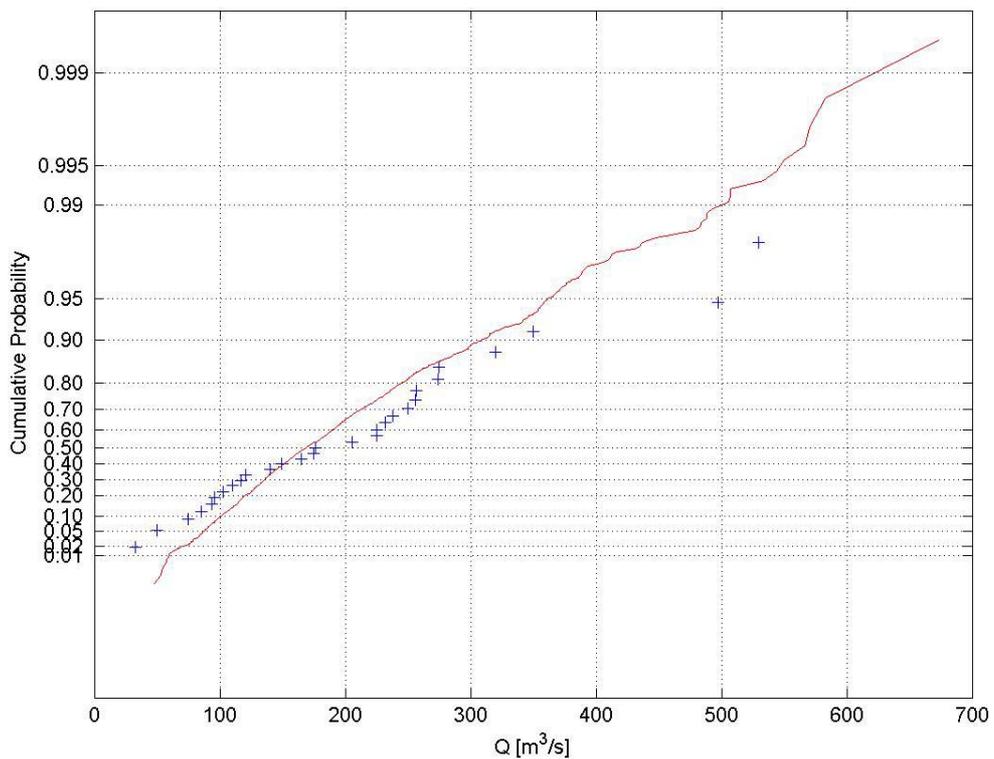


- Serie dei massimi annui su carta probabilistica di Gumbel

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)

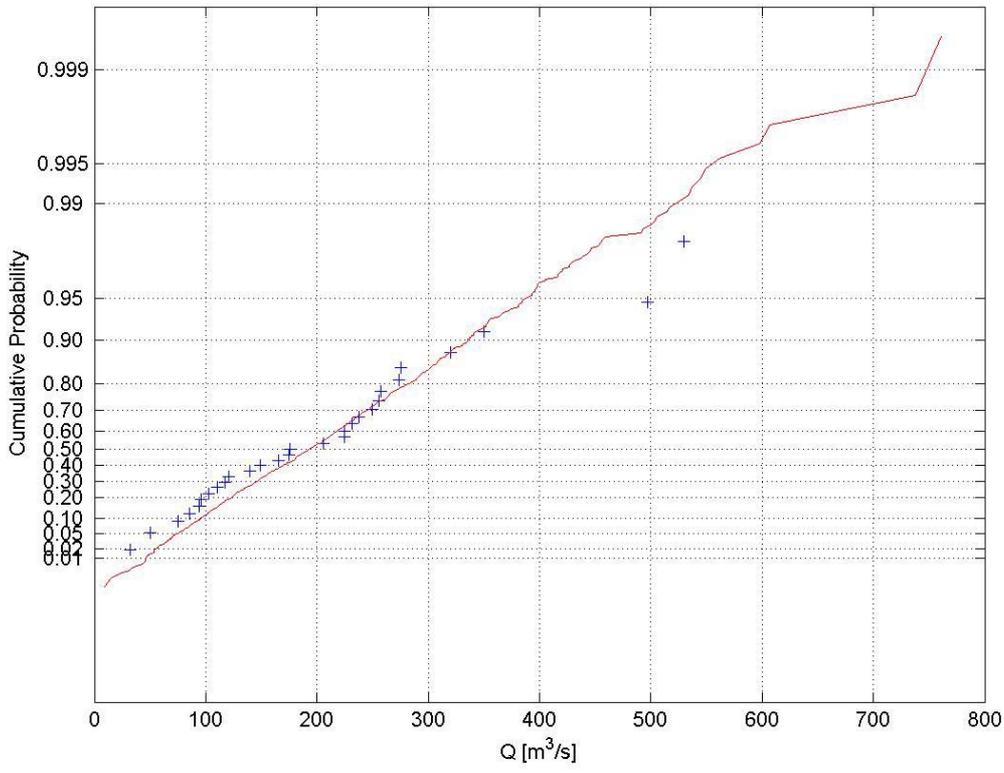


Caso annuale

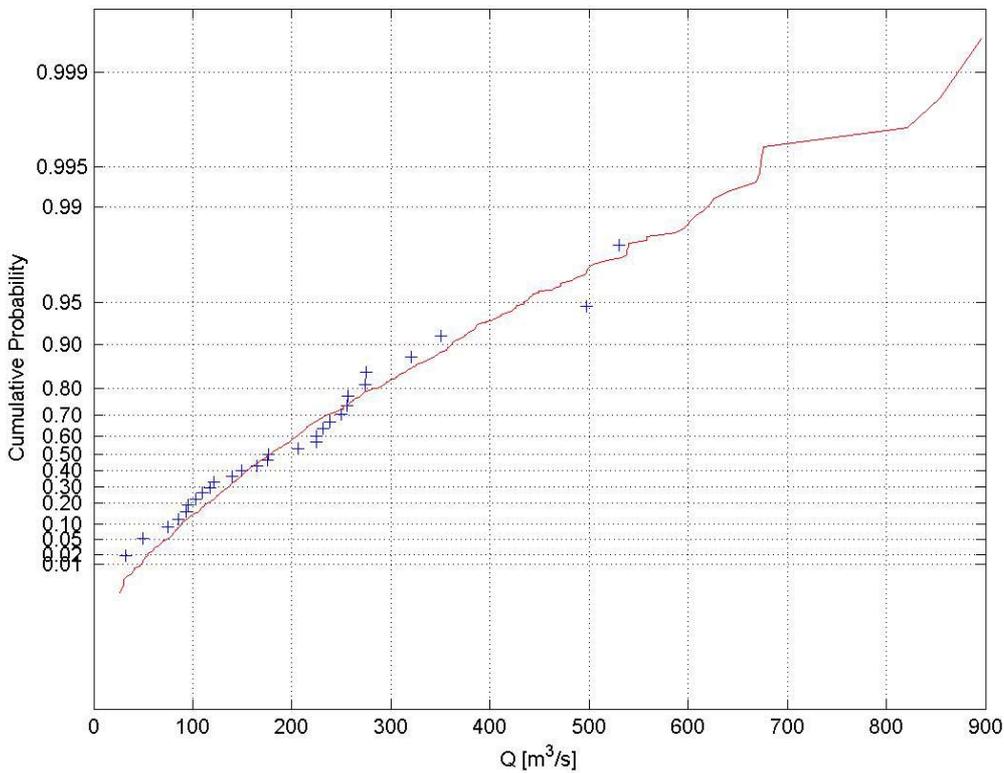


Caso stagionale

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)



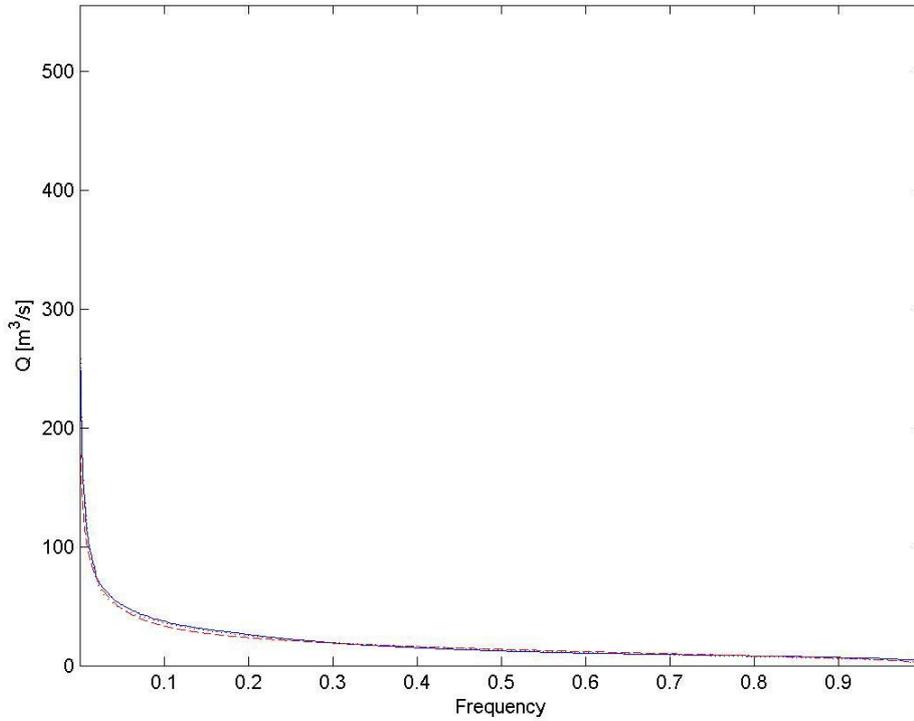
Caso annuale



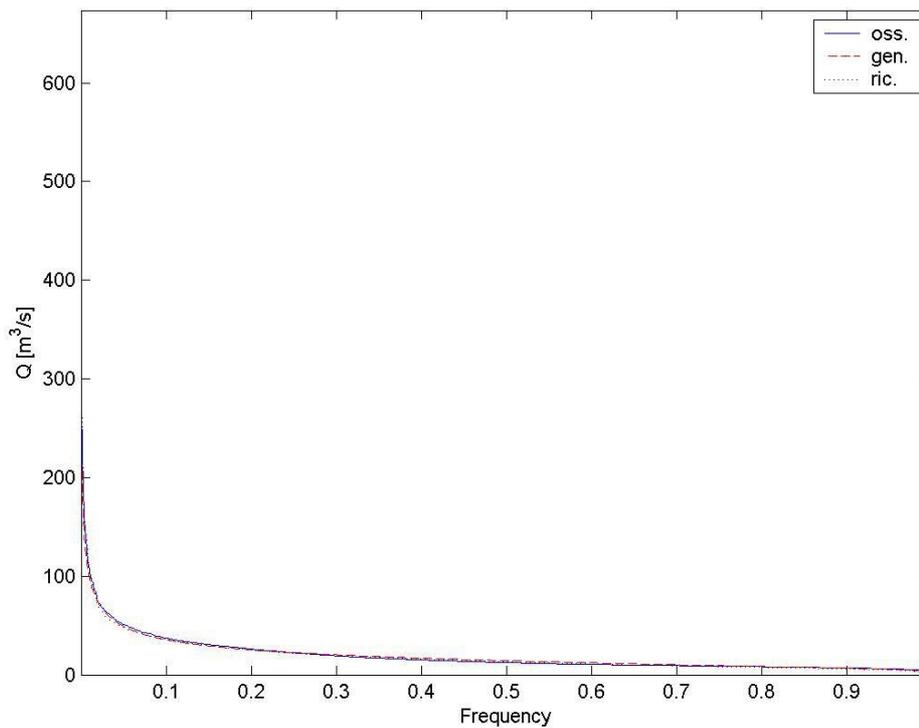
Caso stagionale

- Curva di durata delle portate

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate e puntinata per le ricostruite)

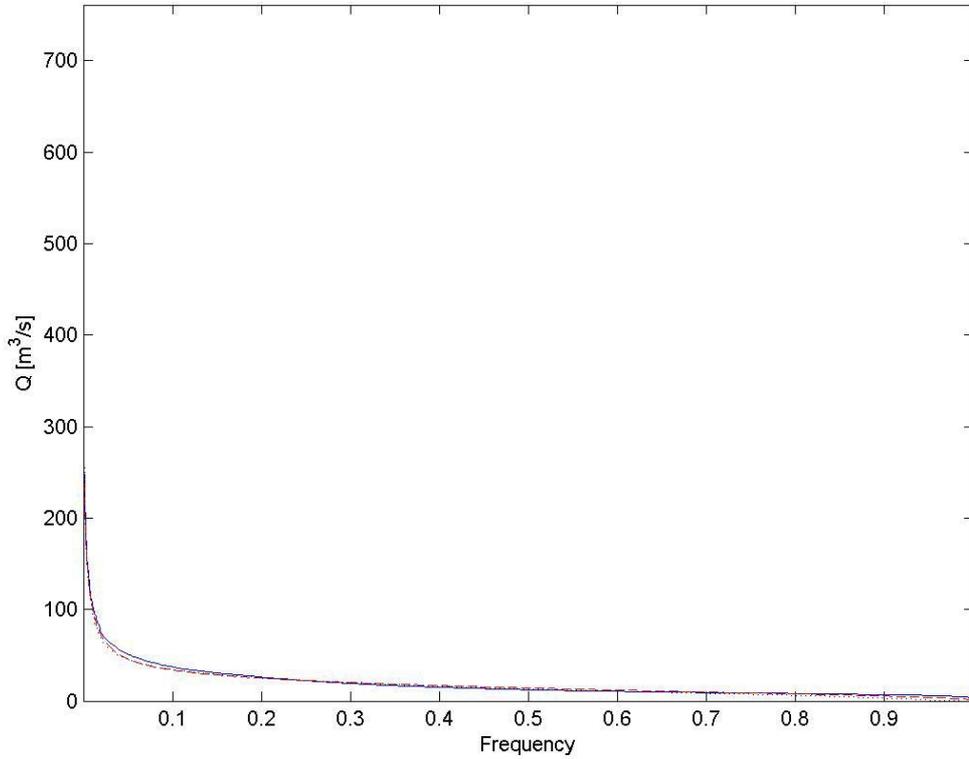


Caso annuale

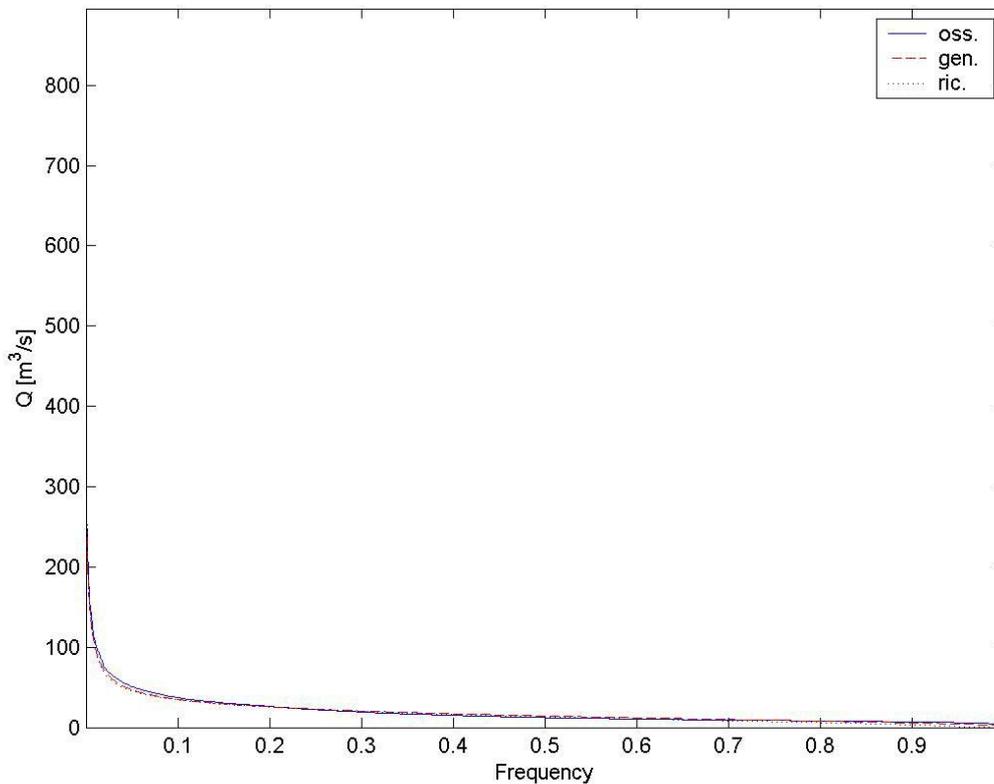


Caso stagionale

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot".

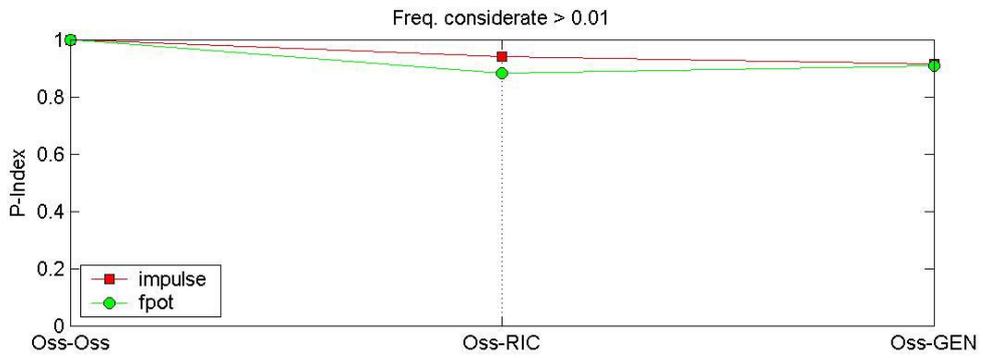
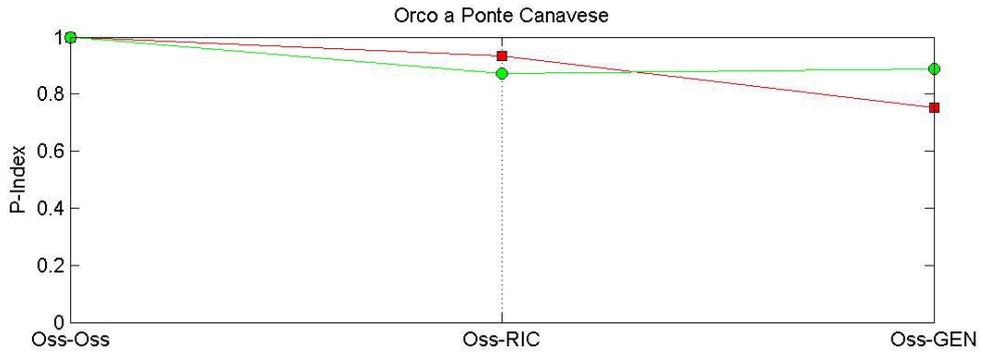


Caso annuale

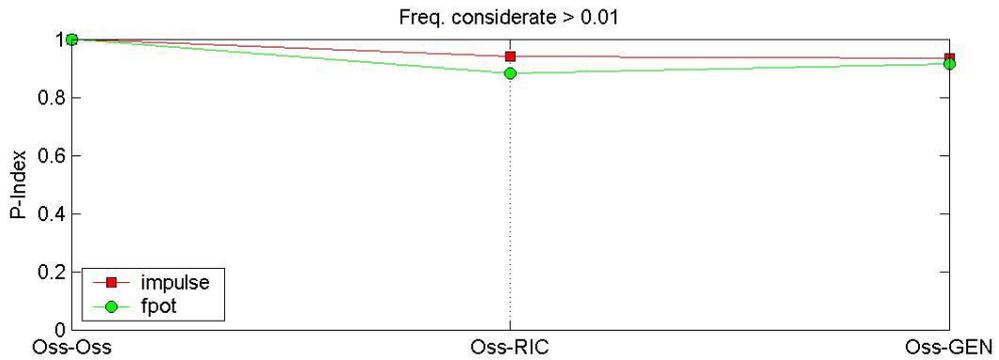
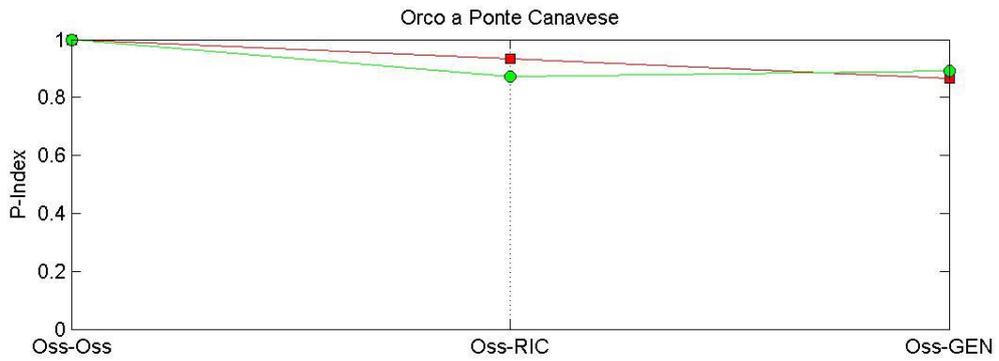


Caso stagionale

- Performance Index P_{INDEX}

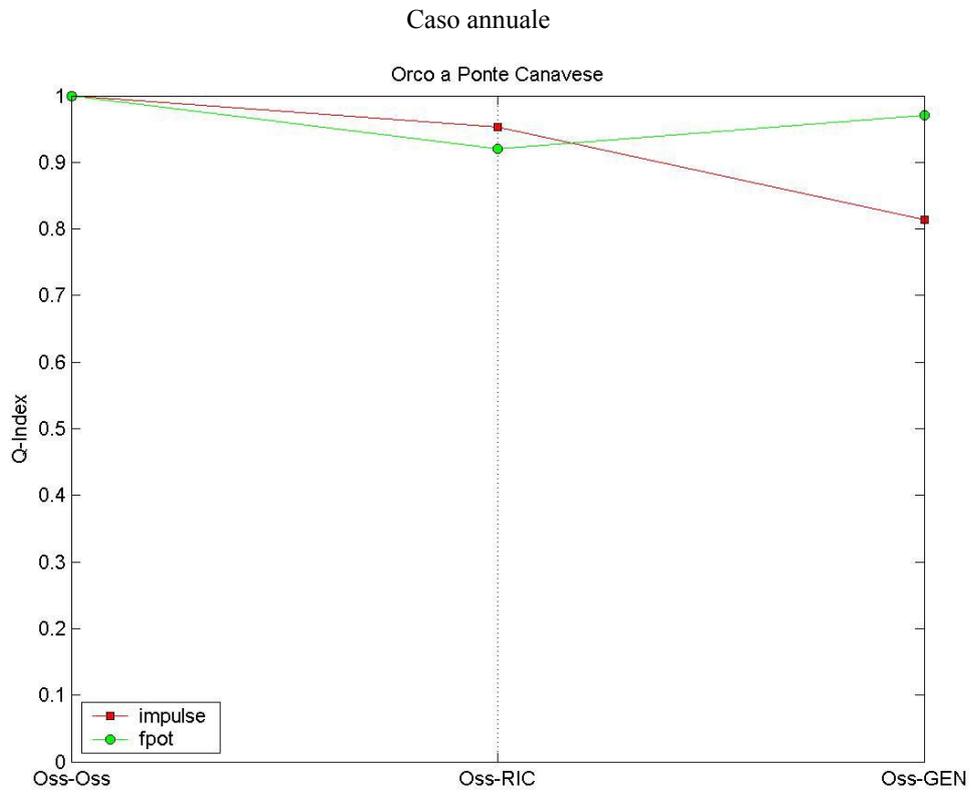
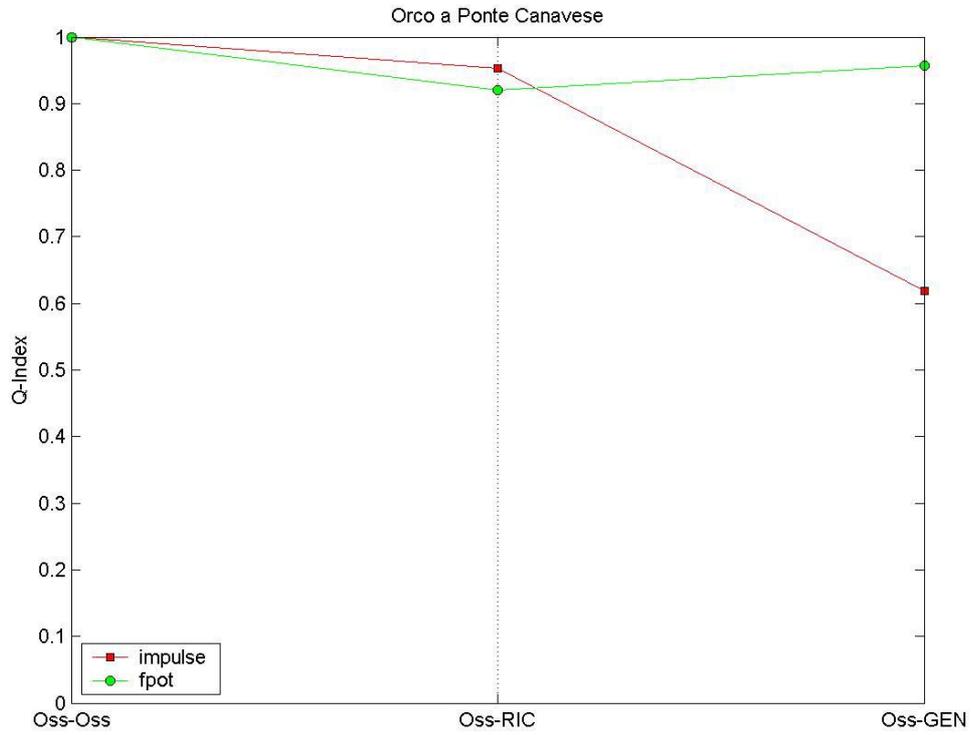


Caso annuale



Caso stagionale

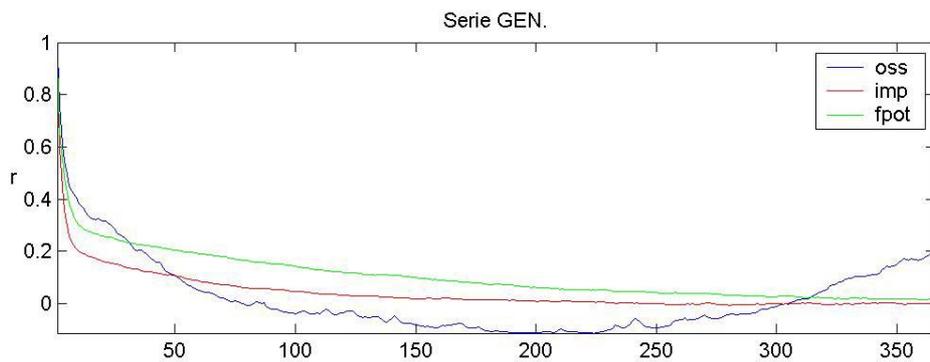
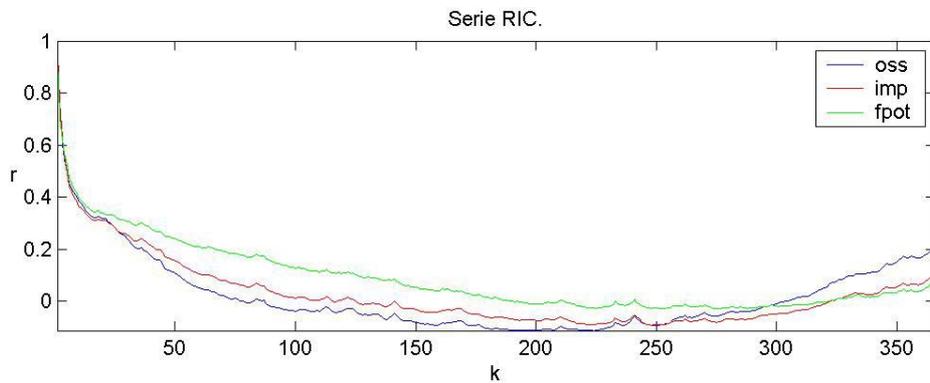
- Indice dei massimi annui Q_{INDEX}



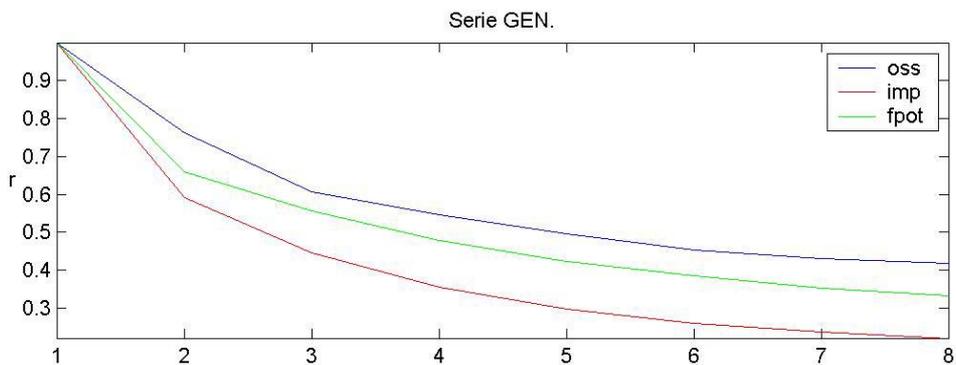
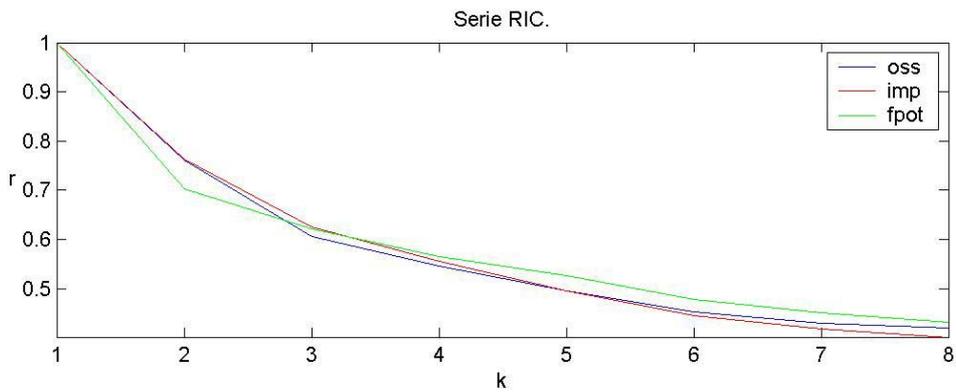
Caso stagionale

- Autocorrelazioni

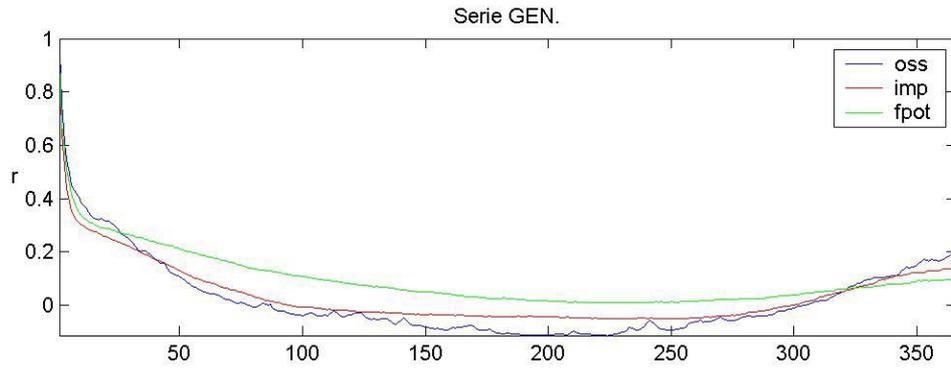
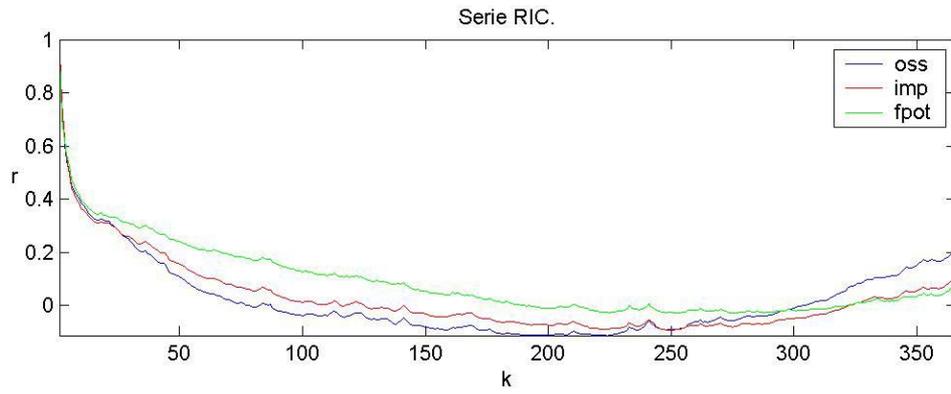
Curve di autocorrelazione dei deflussi valutate per k pari a 365 e 7 giorni. I deflussi sono calcolati a partire dai due tipi di input, quello relativo a parametri annuali e quello generato con parametri stagionali di 28 giorni.



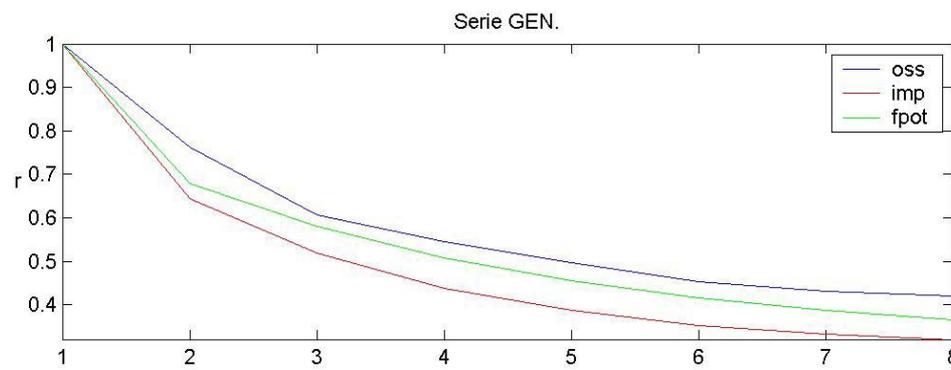
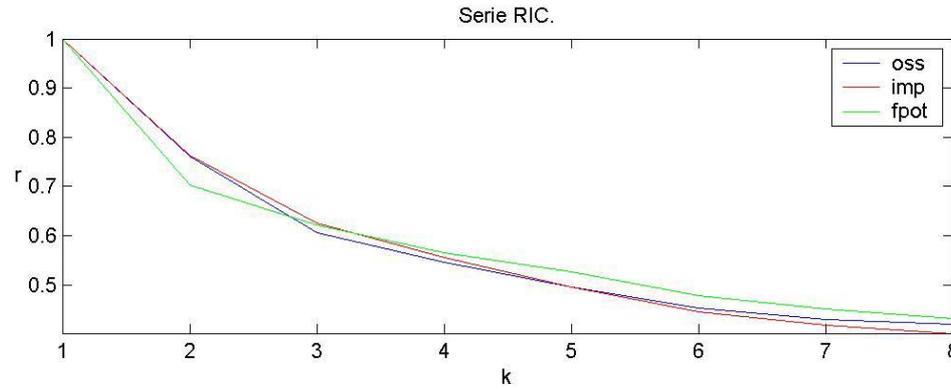
Caso annuale, $k = 365$ gg



Caso annuale, $k = 7$ gg



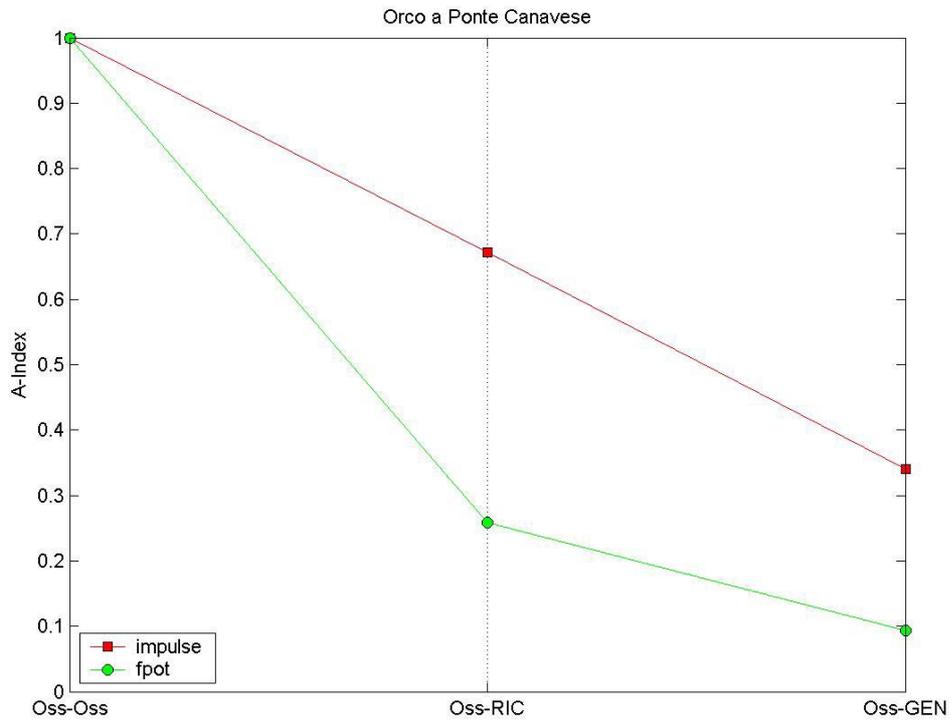
Caso stagionale, $k = 365$ gg



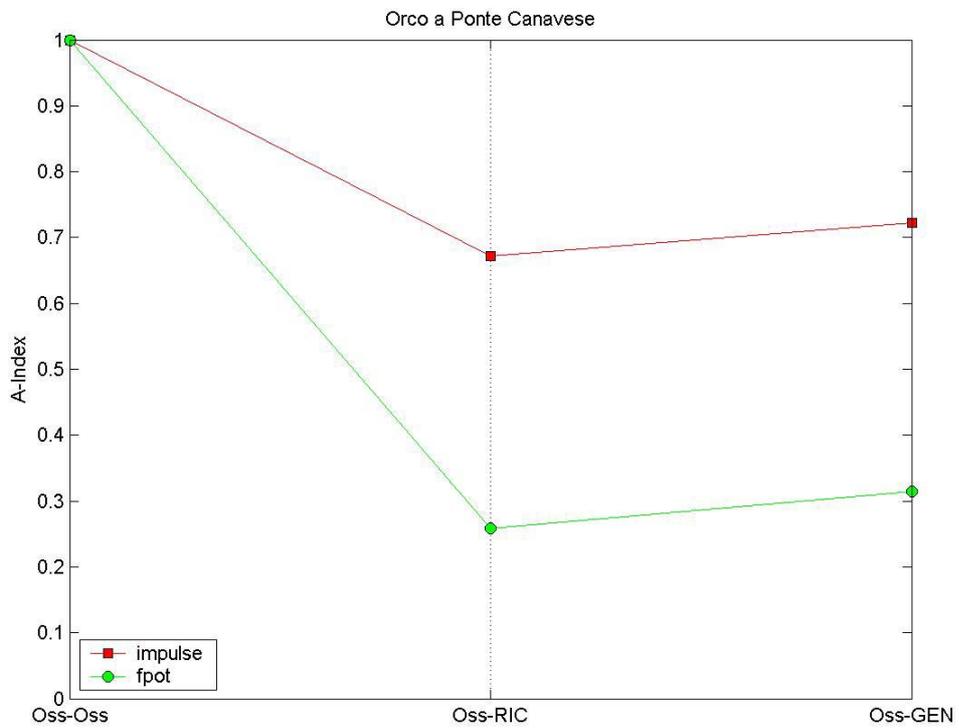
Caso stagionale, $k = 7$ gg

- A_{INDEX} (Indice delle autocorrelazioni)

E' relativo alle serie delle autocorrelazioni dei deflussi con lag di 365 giorni.



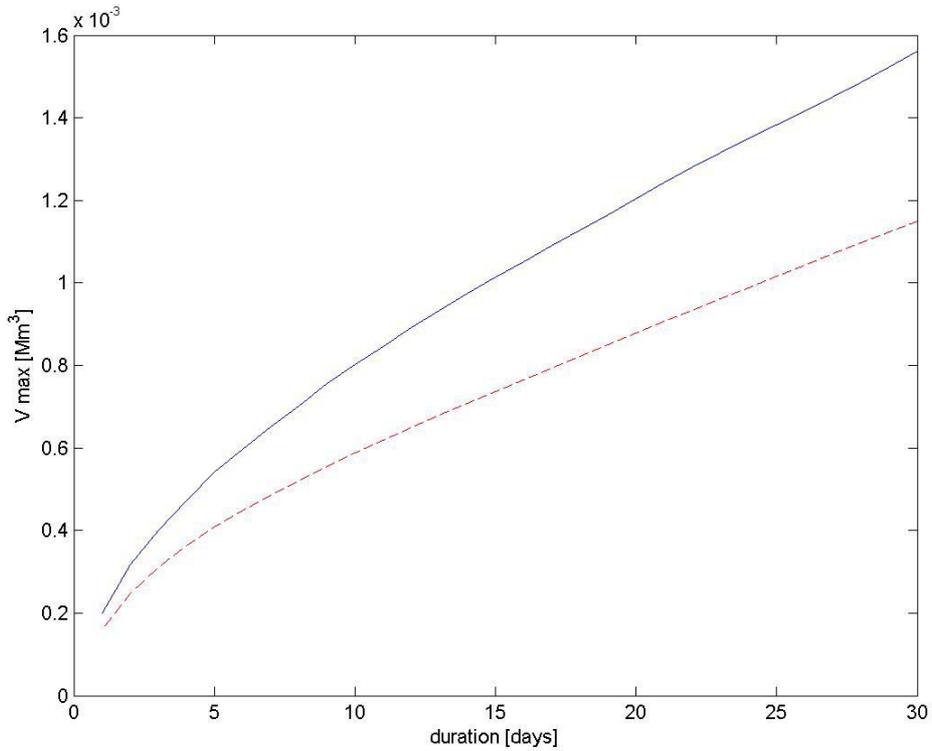
Caso annuale



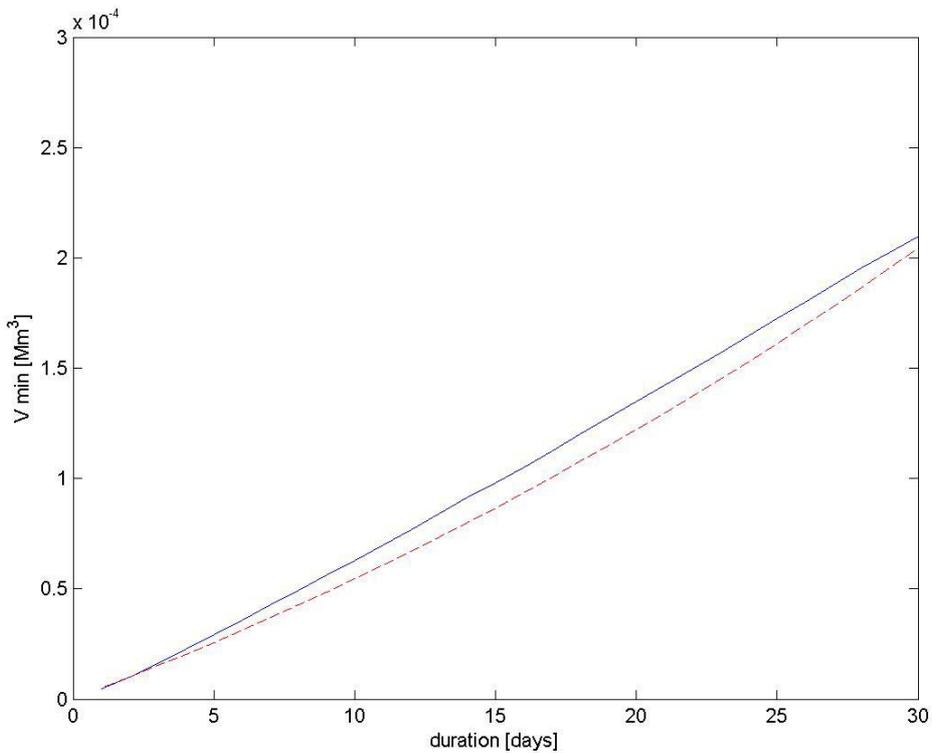
Caso stagionale

- Curve dei volumi massimi (minimi) medi annui

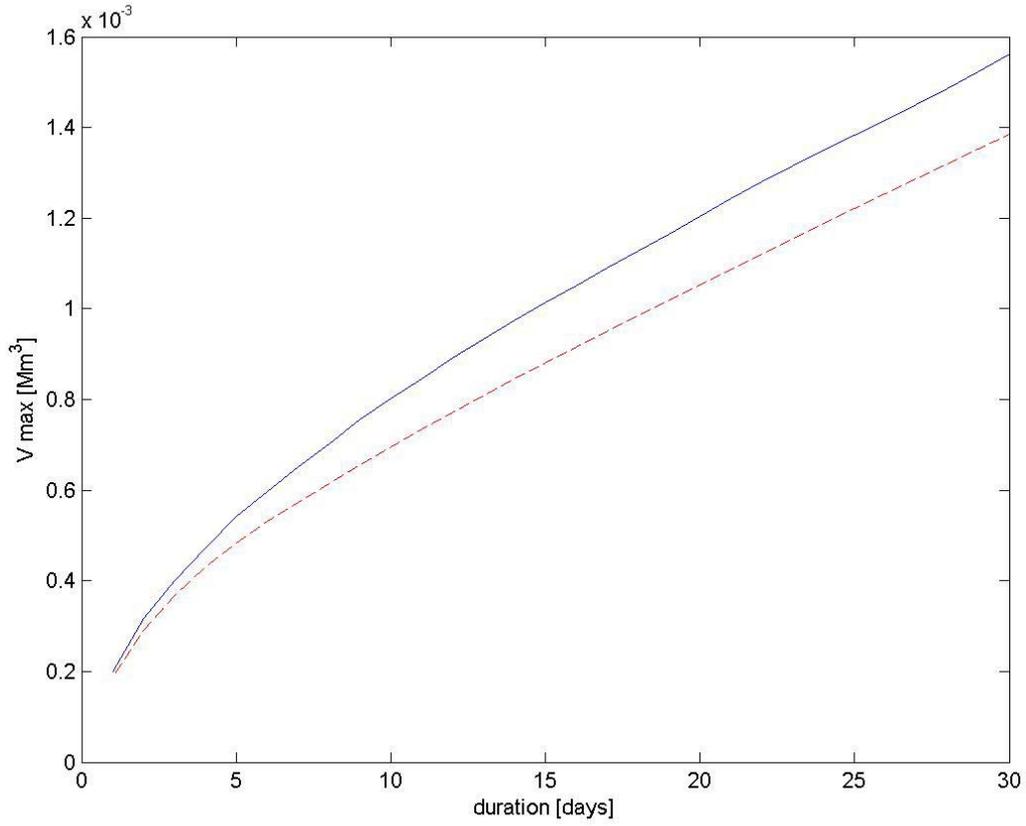
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



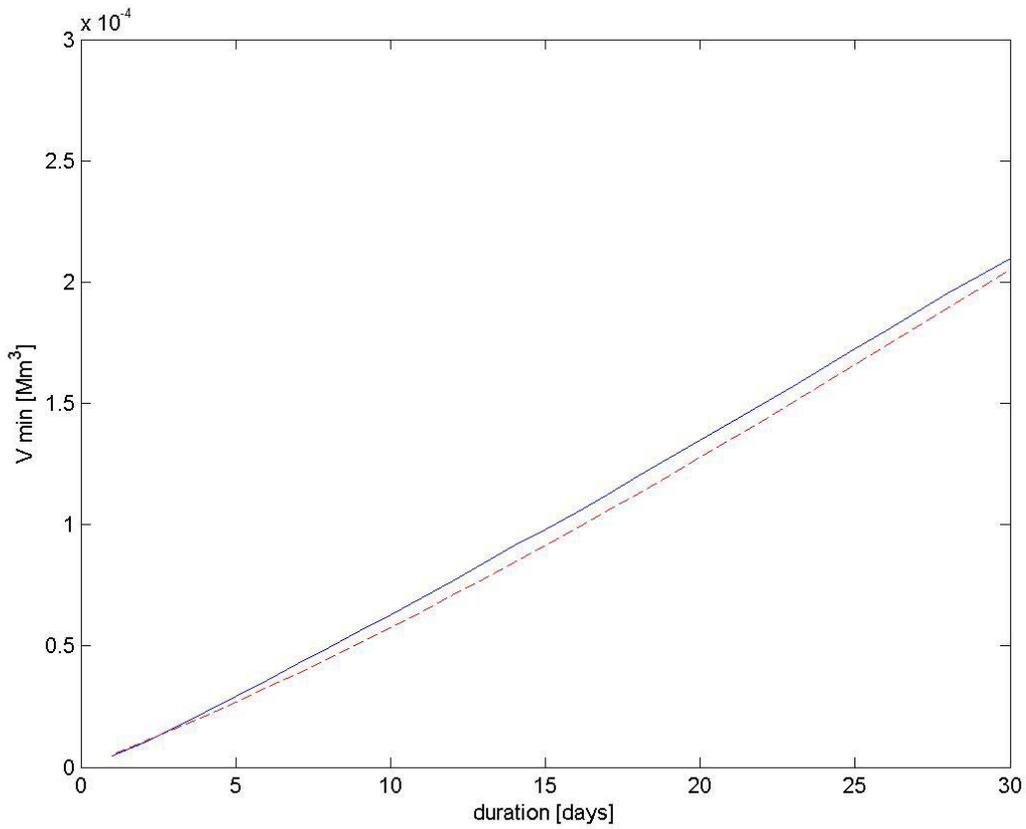
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale

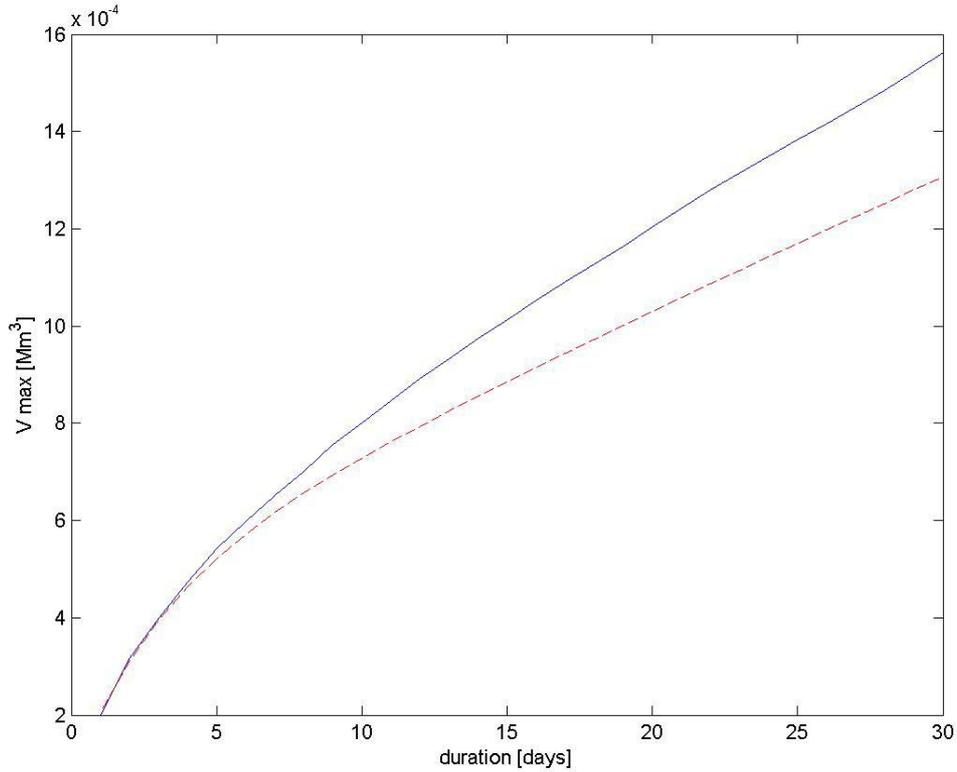


Serie dei V_{MAX} , caso stagionale

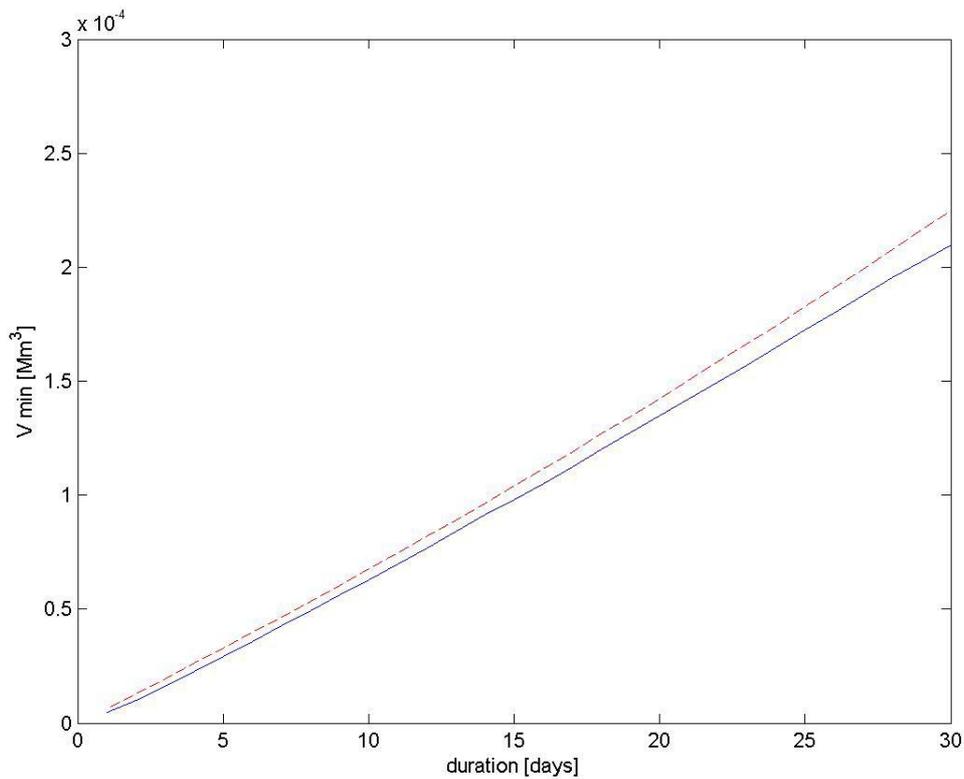


Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

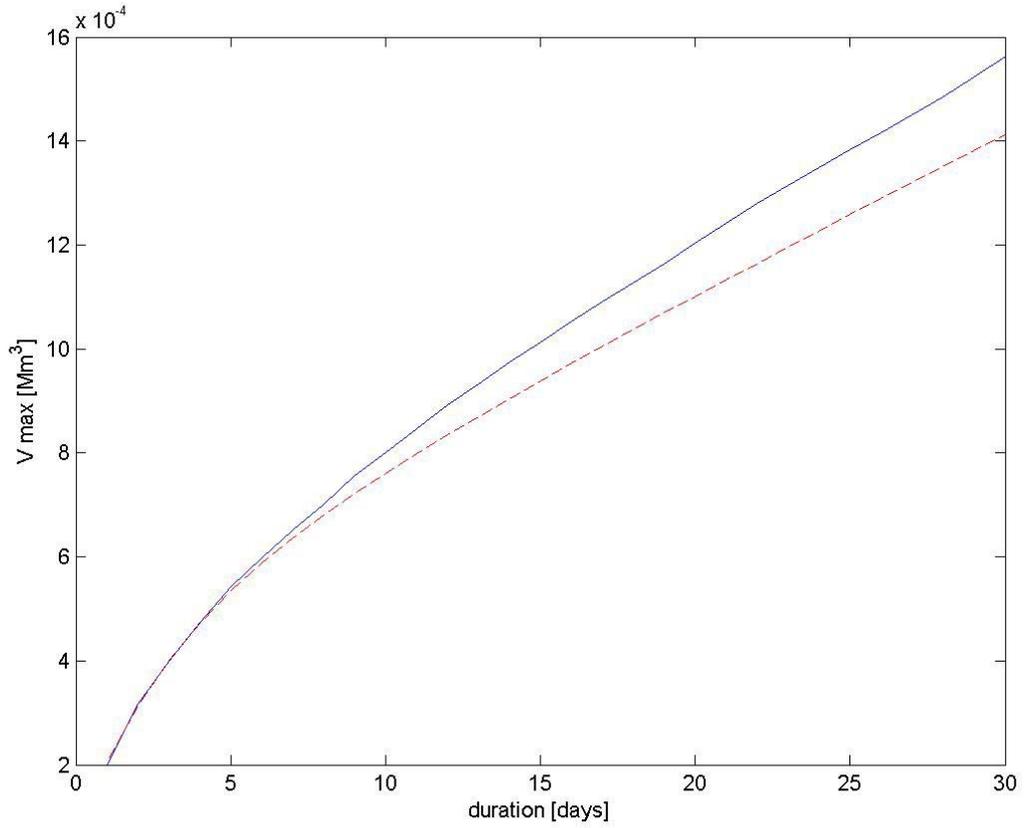
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



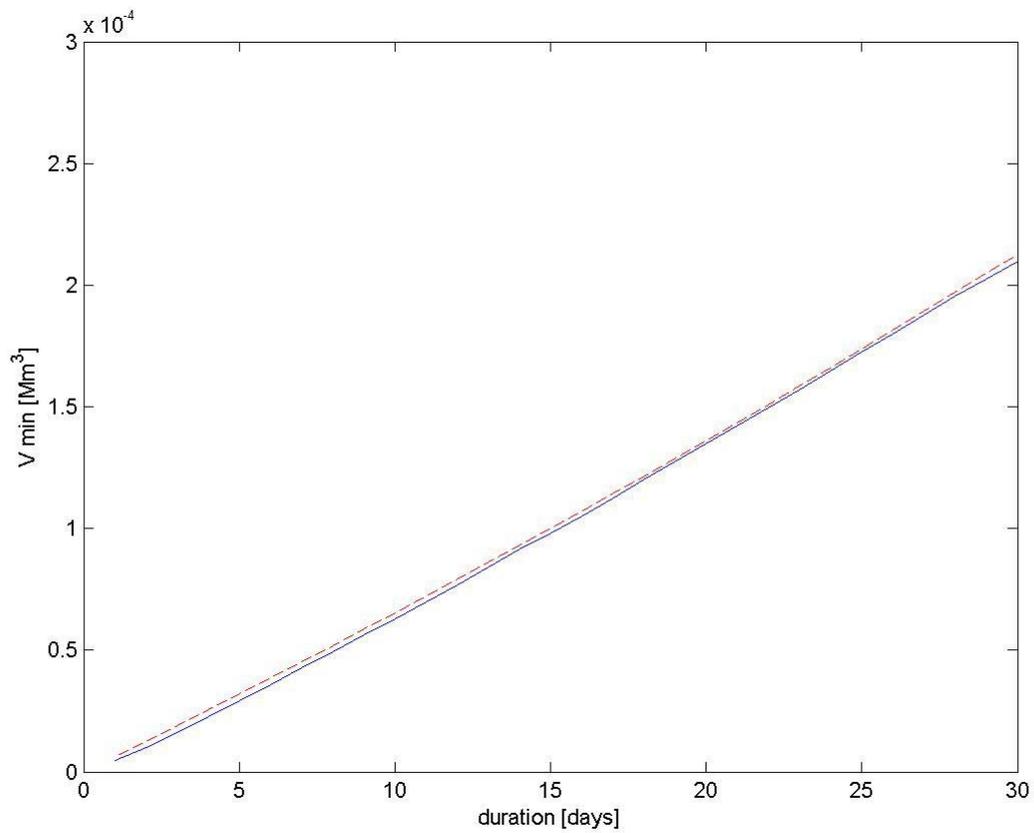
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale



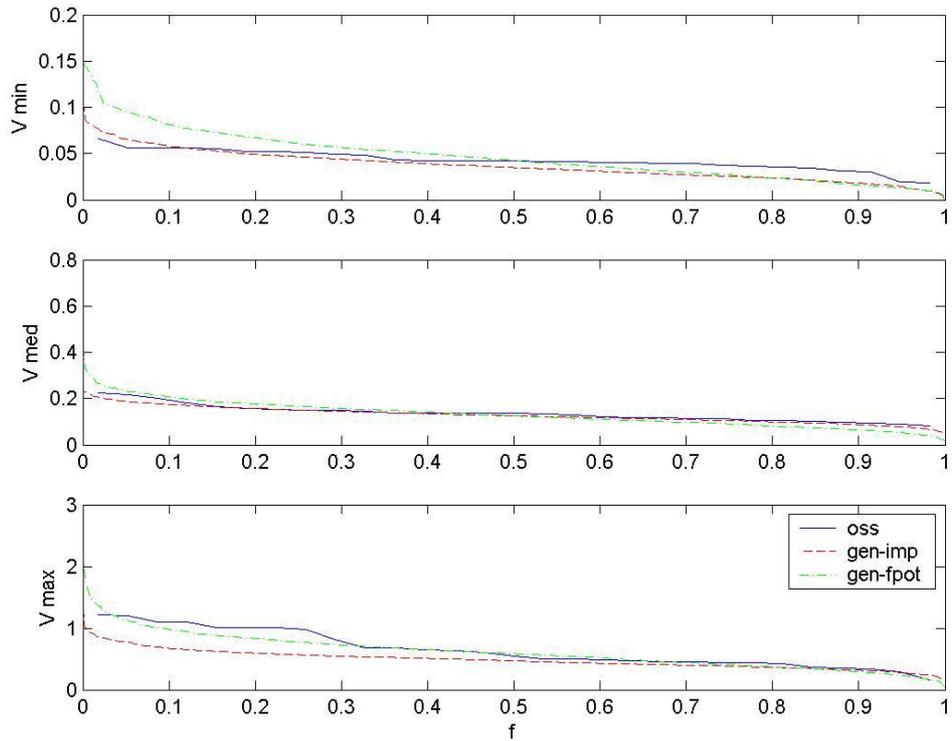
Serie dei V_{MAX} , caso stagionale



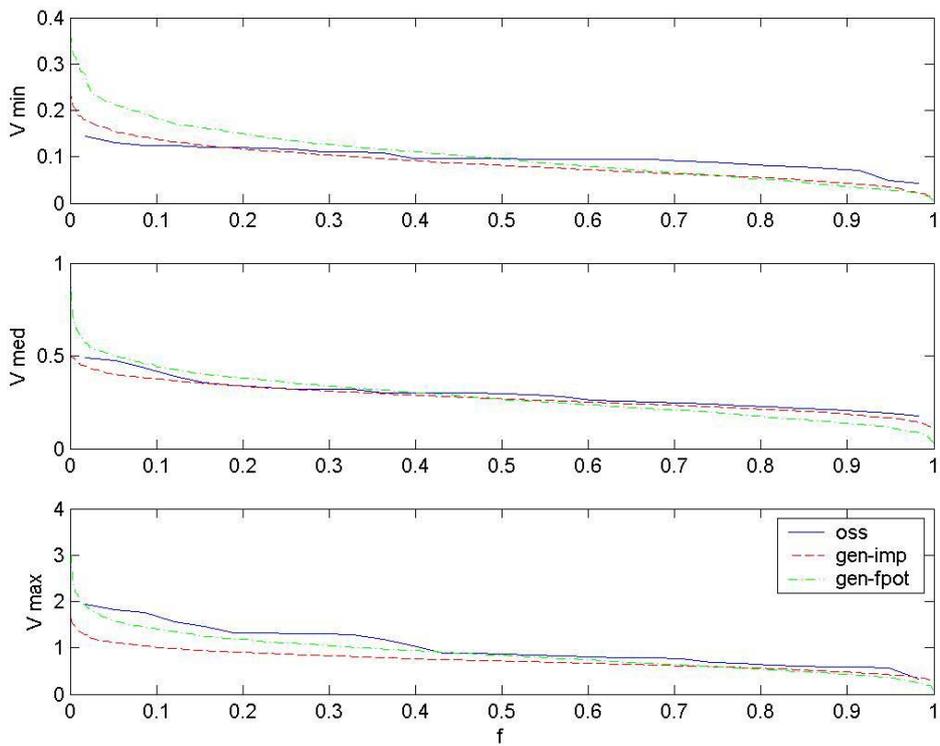
Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

- Curve di frequenza dei volumi

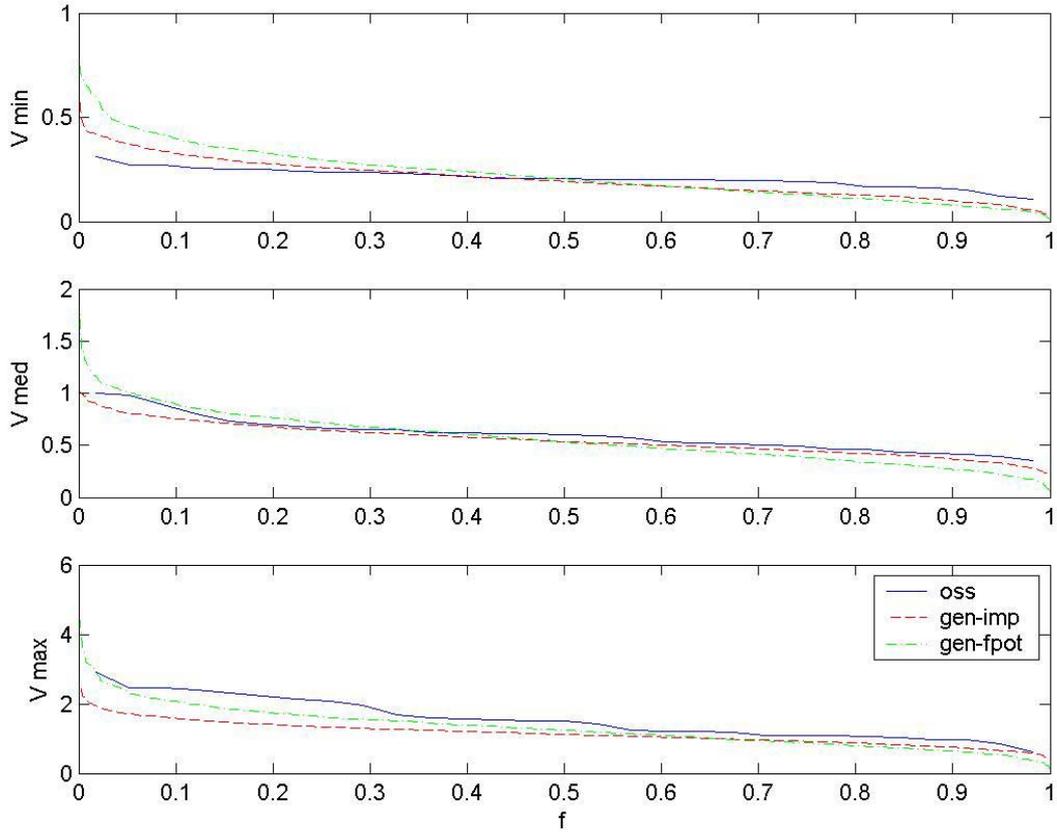
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di 7, 15 e 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni.



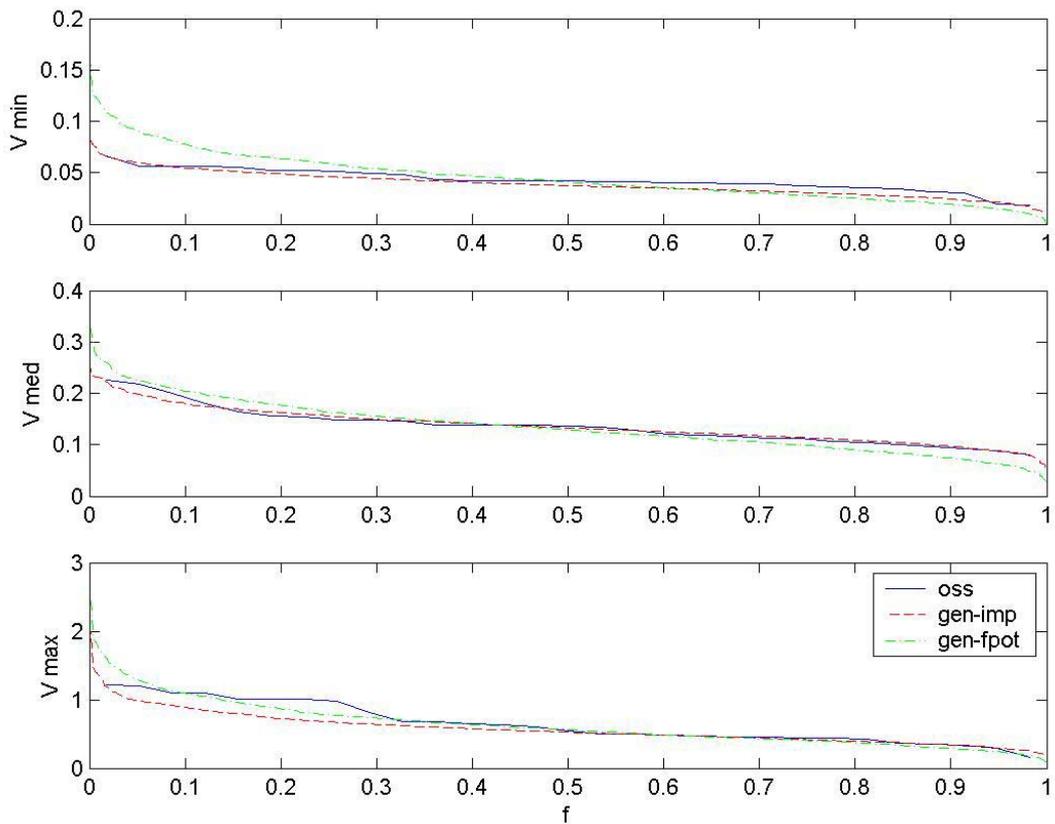
Caso annuale, finestra di integrazione di 7 giorni



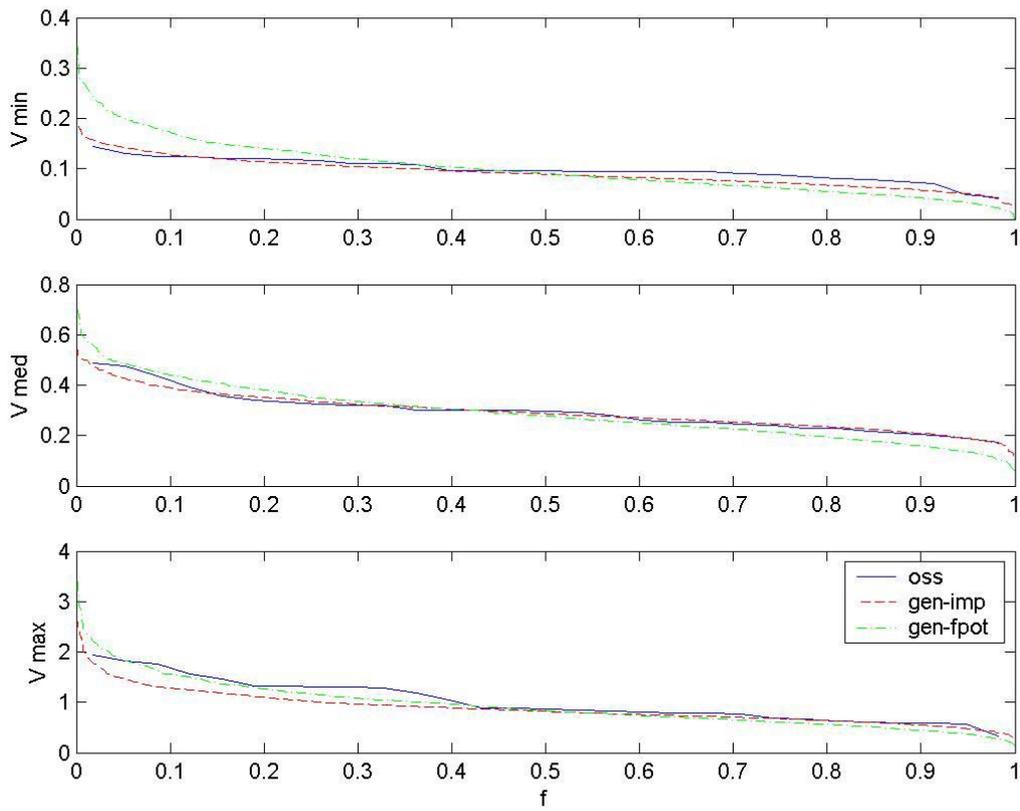
Caso annuale, finestra di integrazione di 15 giorni



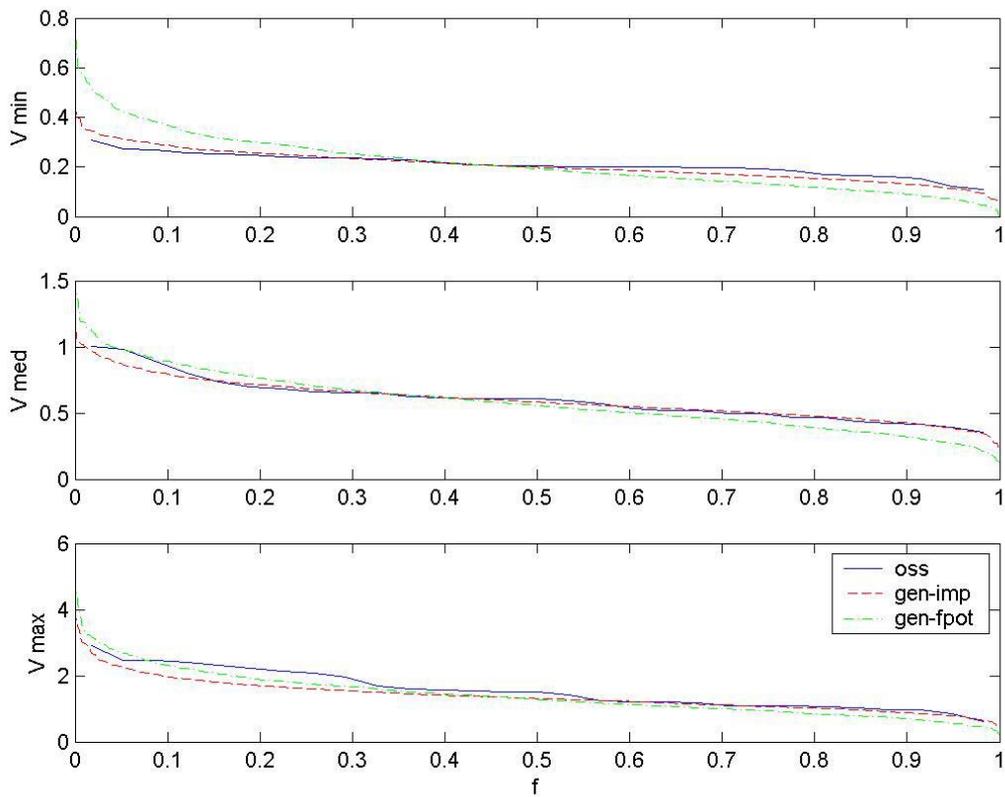
Caso annuale, finestra di integrazione di 30 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 7 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 15 giorni



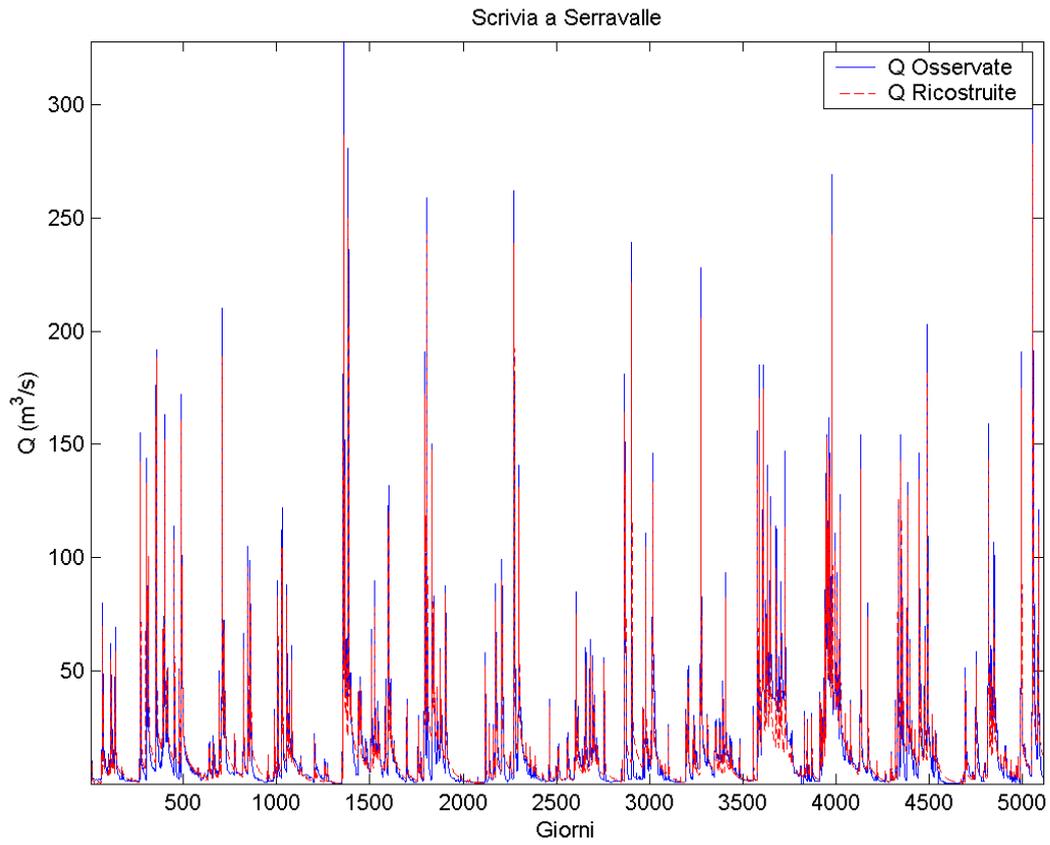
Caso stagionale, finestra di integrazione di 30 giorni

B.6 Scrivia a Serravalle

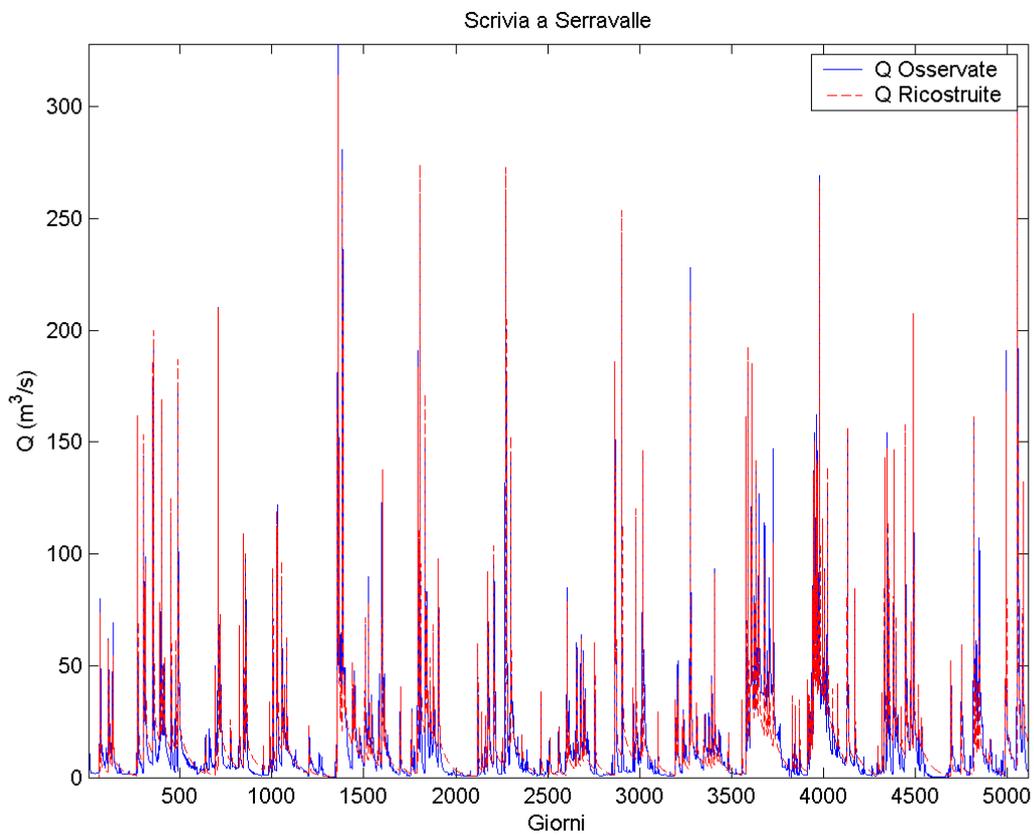
B.6.1 Parametri del modello Shot Noise

Shot Noise con input iniziale <i>impulse</i>	Shot Noise con input iniziale <i>fpot</i> *
Cod.: 25	Cod.: 25
Bacino: Scrivia a Serravalle	Bacino: Scrivia a Serravalle
$R^2 = 0.9197$ Int h = 0.9990	$R^2 = 0.7985$ Int h = 0.9990
----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----	----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----
c0 (-) 0.1200	c0 (-) 0.1163
c1 (-) 0.3376	c1 (-) 0.2813
c2 (-) 0.5424	c2 (-) 0.6023
k1 (gg) 2.0426	k1 (gg) 2.6891
k2 (gg) 43.6798	k2 (gg) 56.8739
----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA calc.(gg): 276	----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 365

* si intende privo del processo di deconvoluzione



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “impulse”



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “fpot”

B.6.2 Serie sintetiche

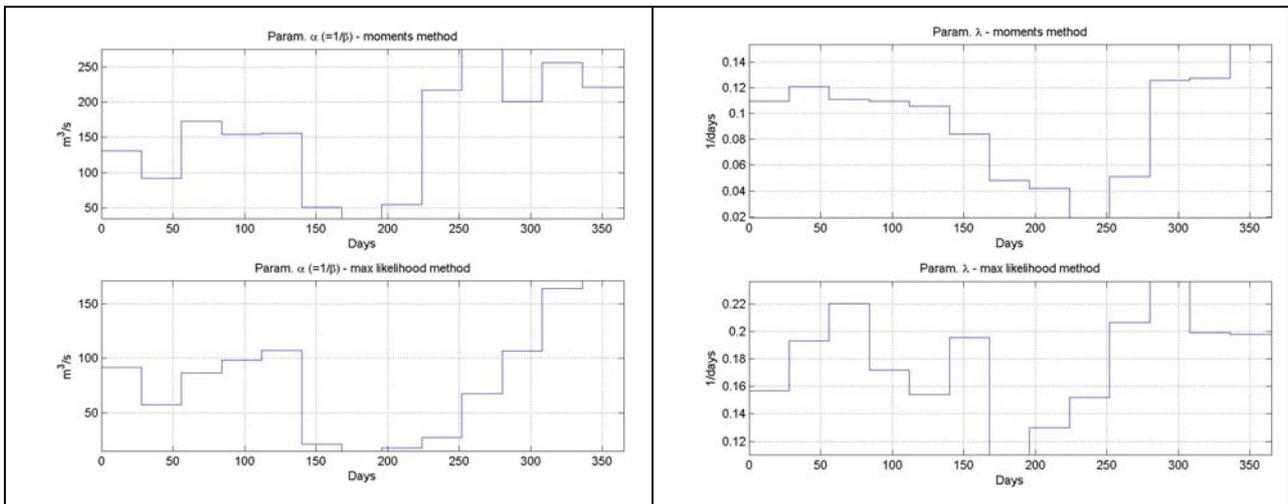
- Parametri del modello di generazione

Bacino: Scrivia a Serravalle
 Tipo input iniziale: impulse

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0793
 alfa = 190.5566

Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".



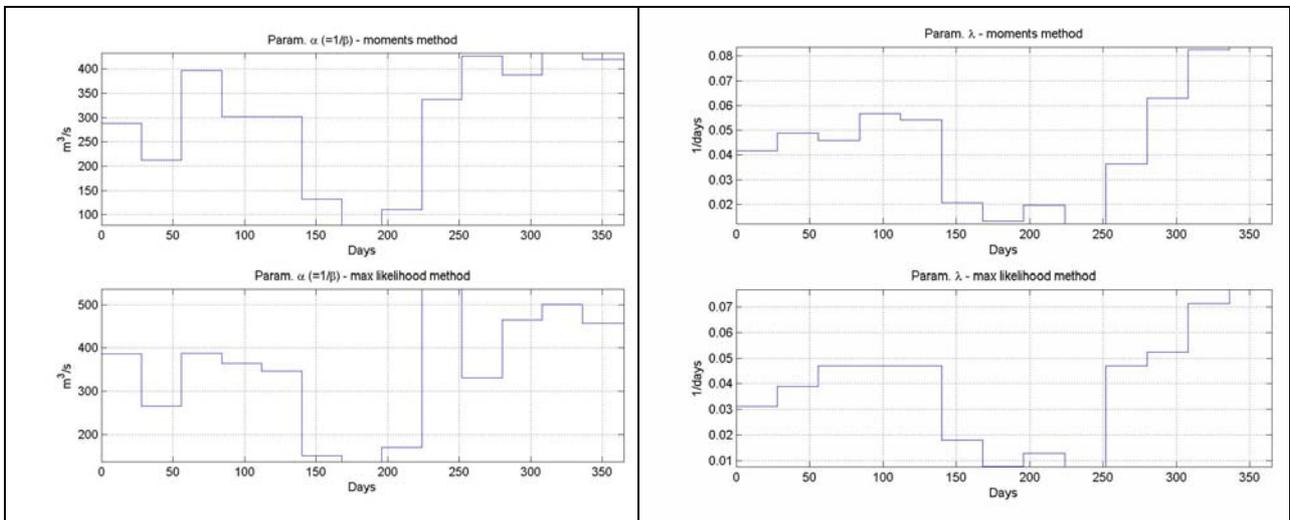
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".

Bacino: Scrivia a Serravalle
 Tipo input iniziale: fpot

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0411
 alfa = 365.5399

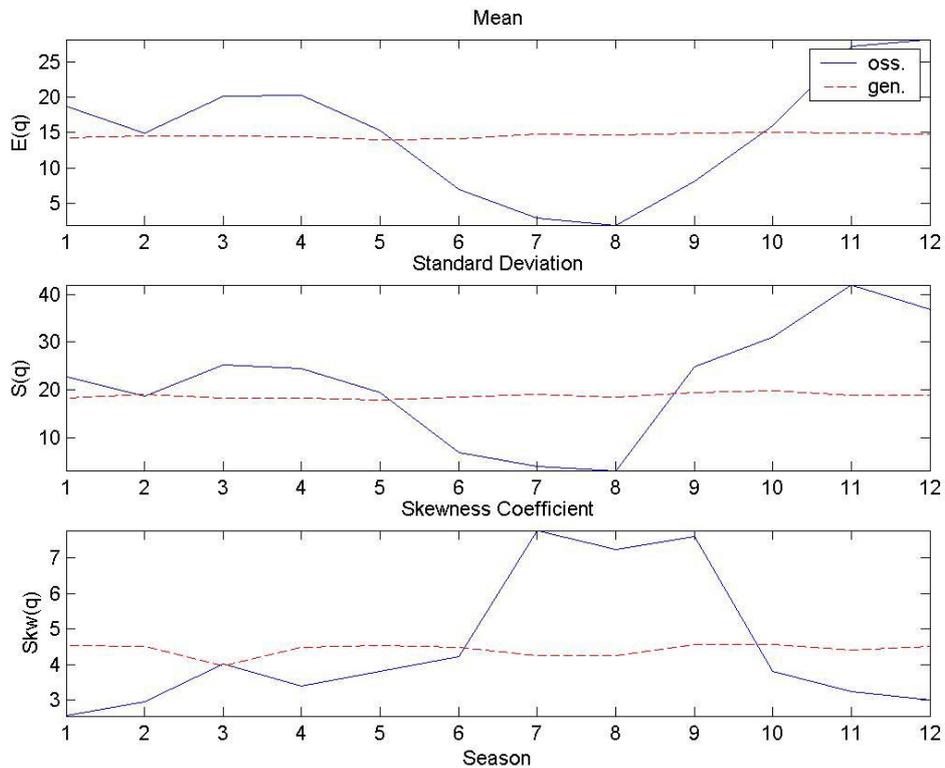
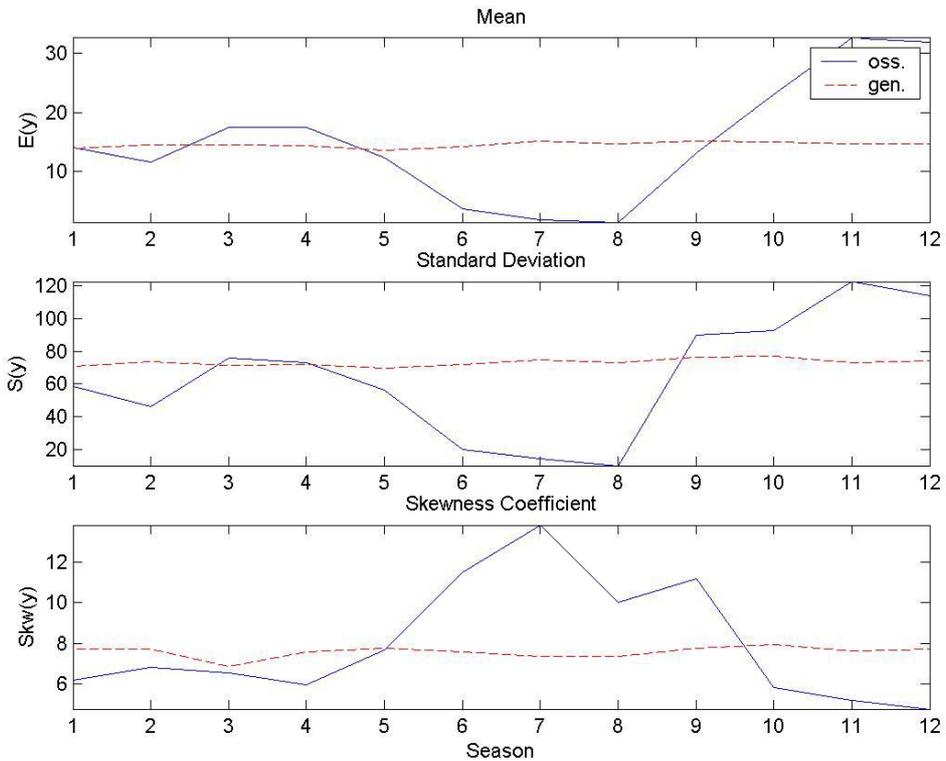
Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".



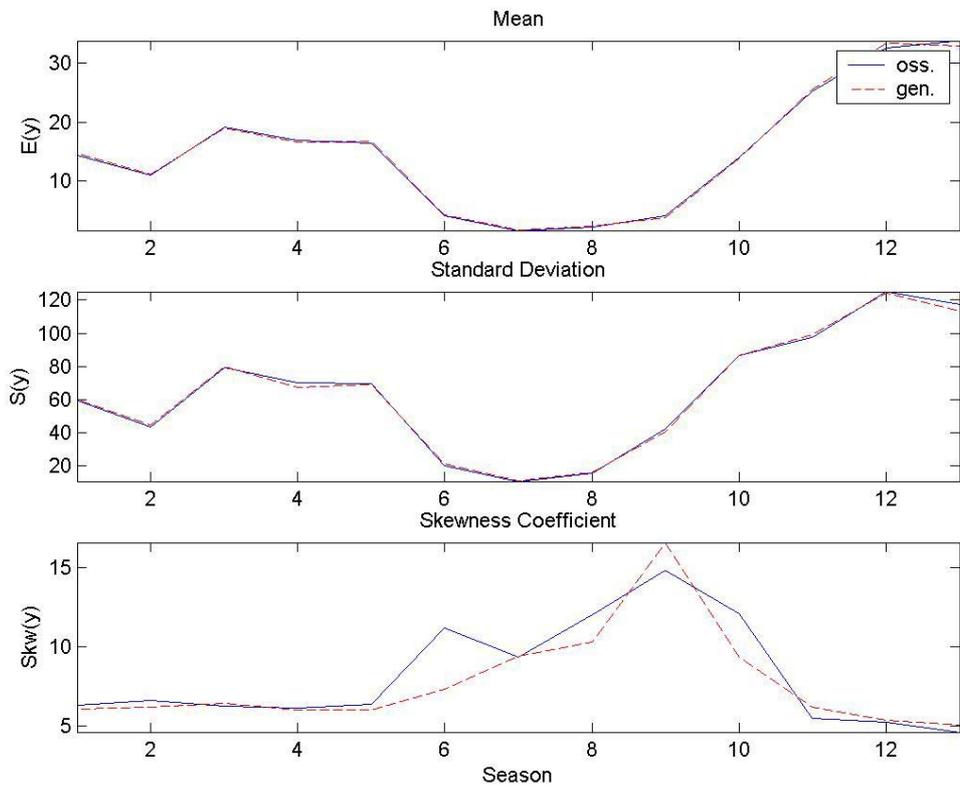
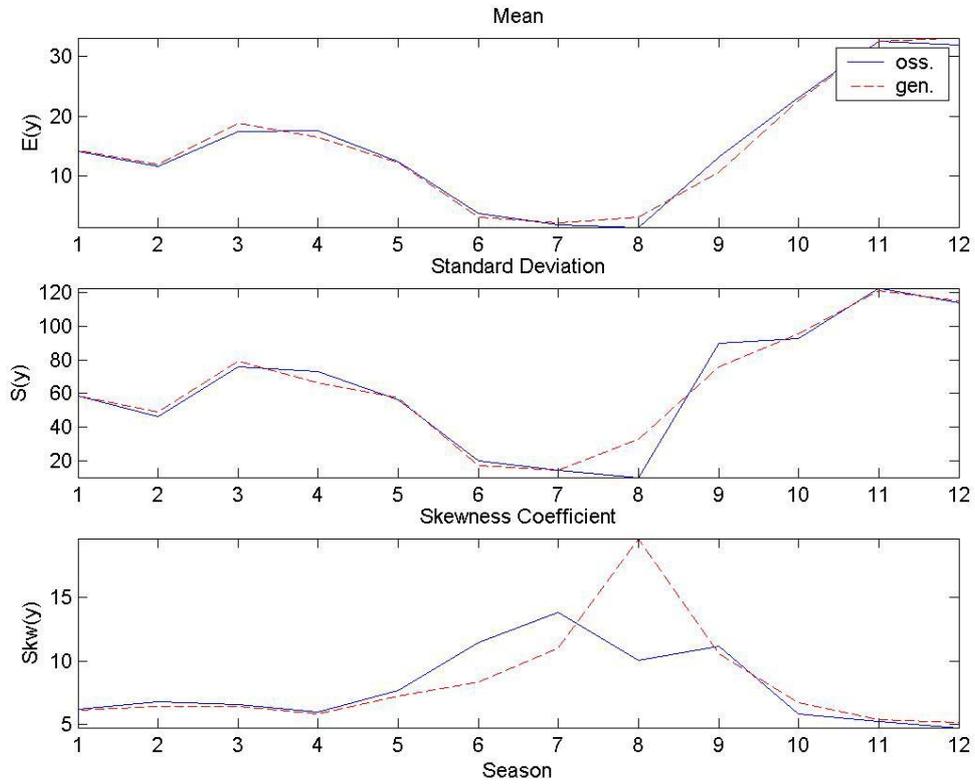
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".

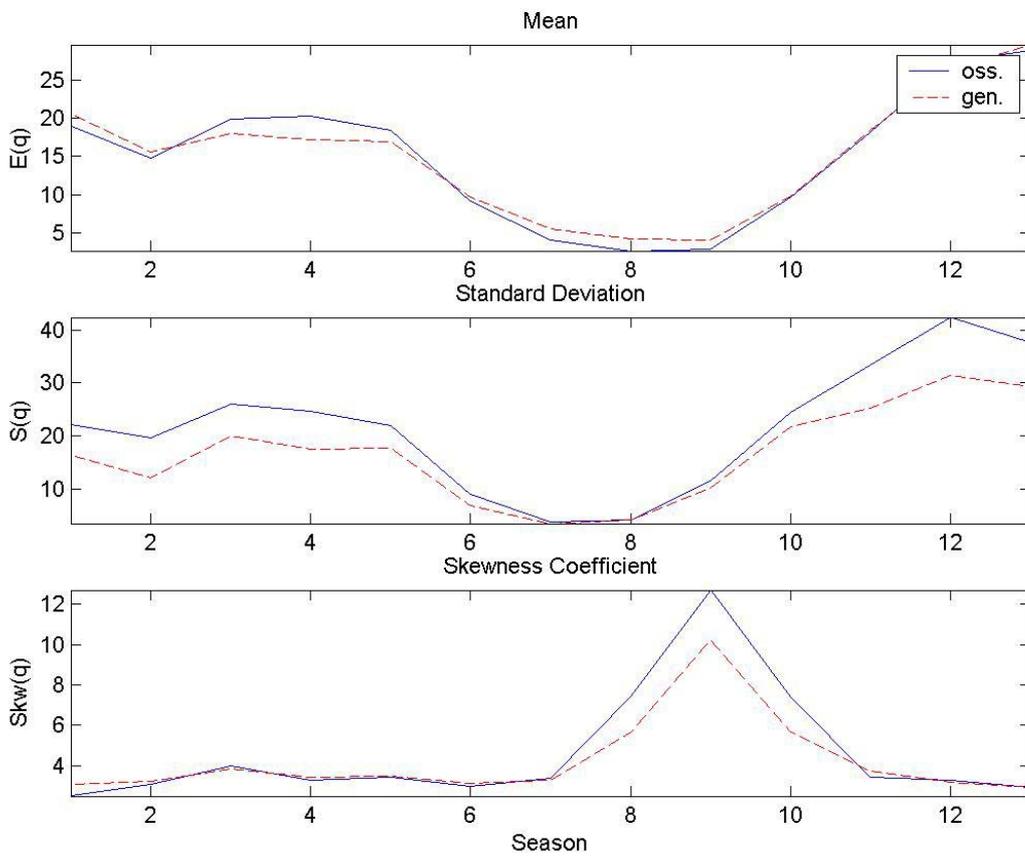
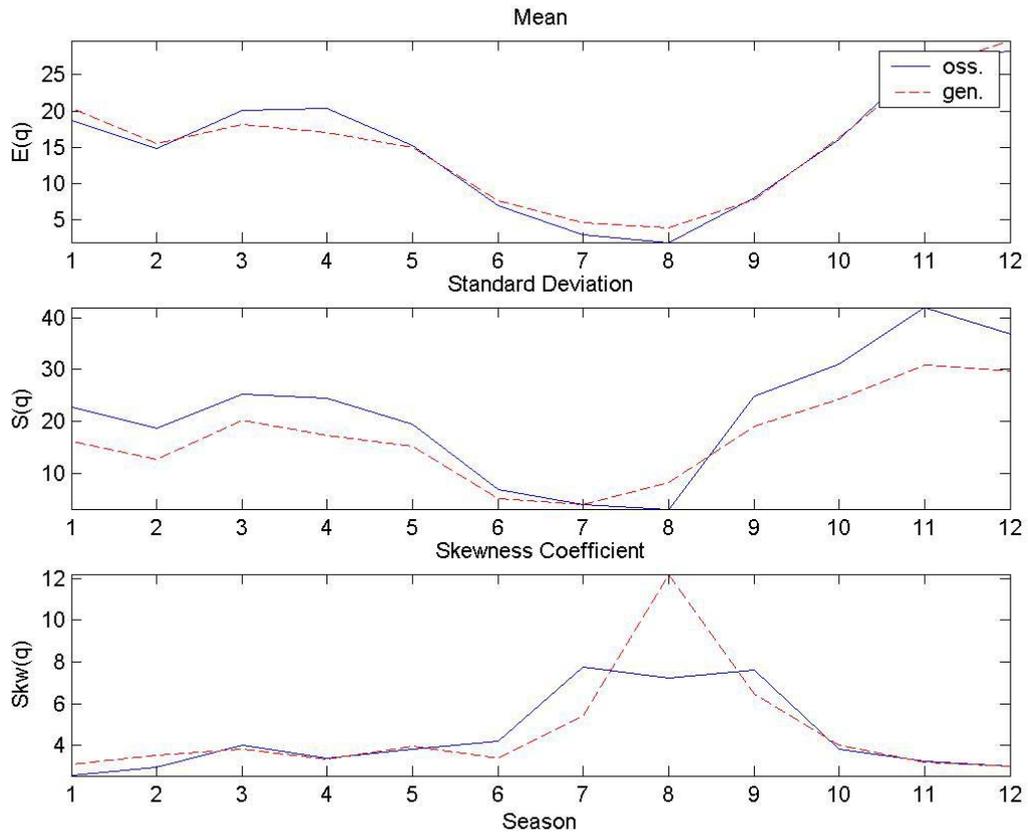
- Statistiche a confronto delle serie osservate e generate

Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.

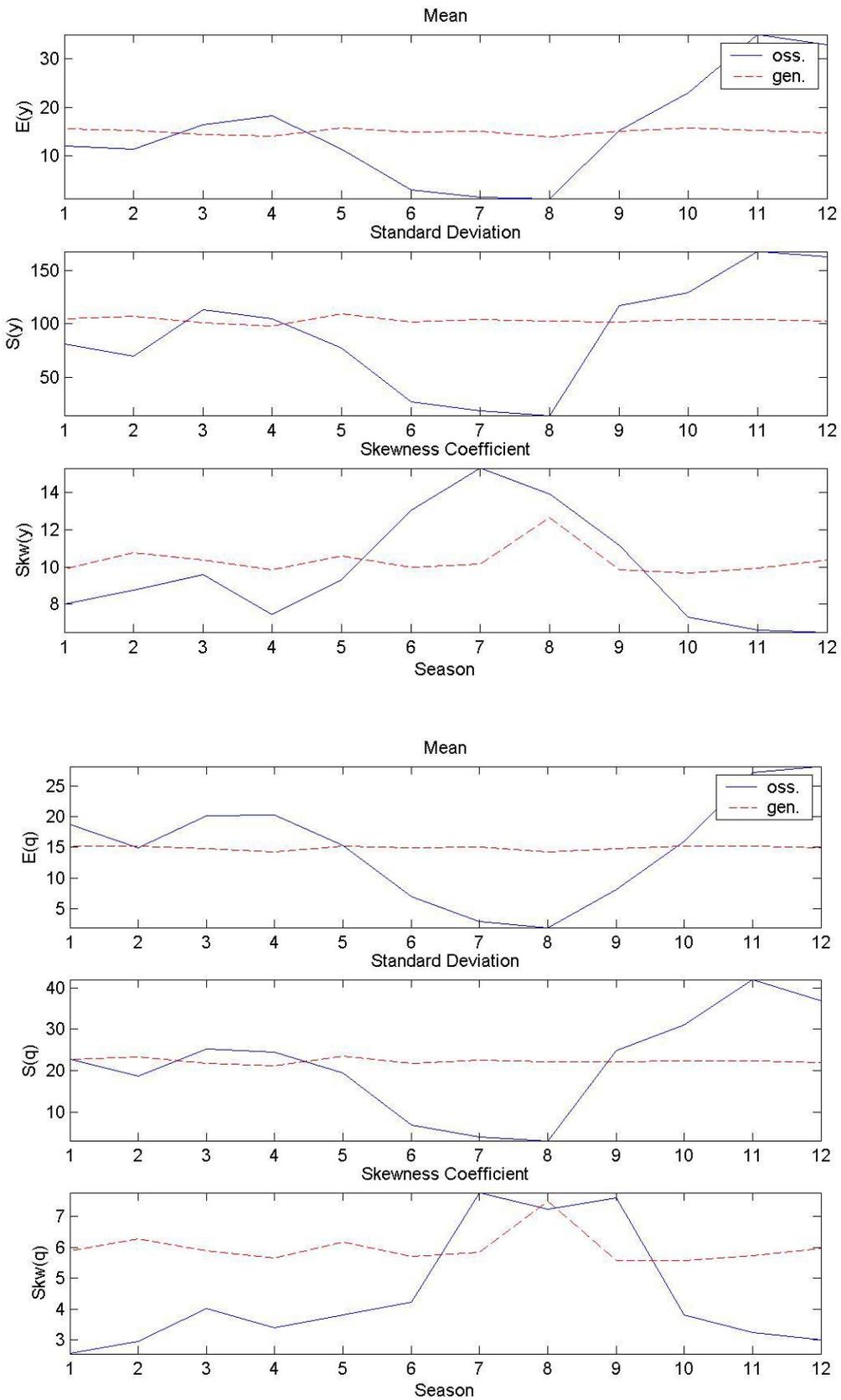


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.

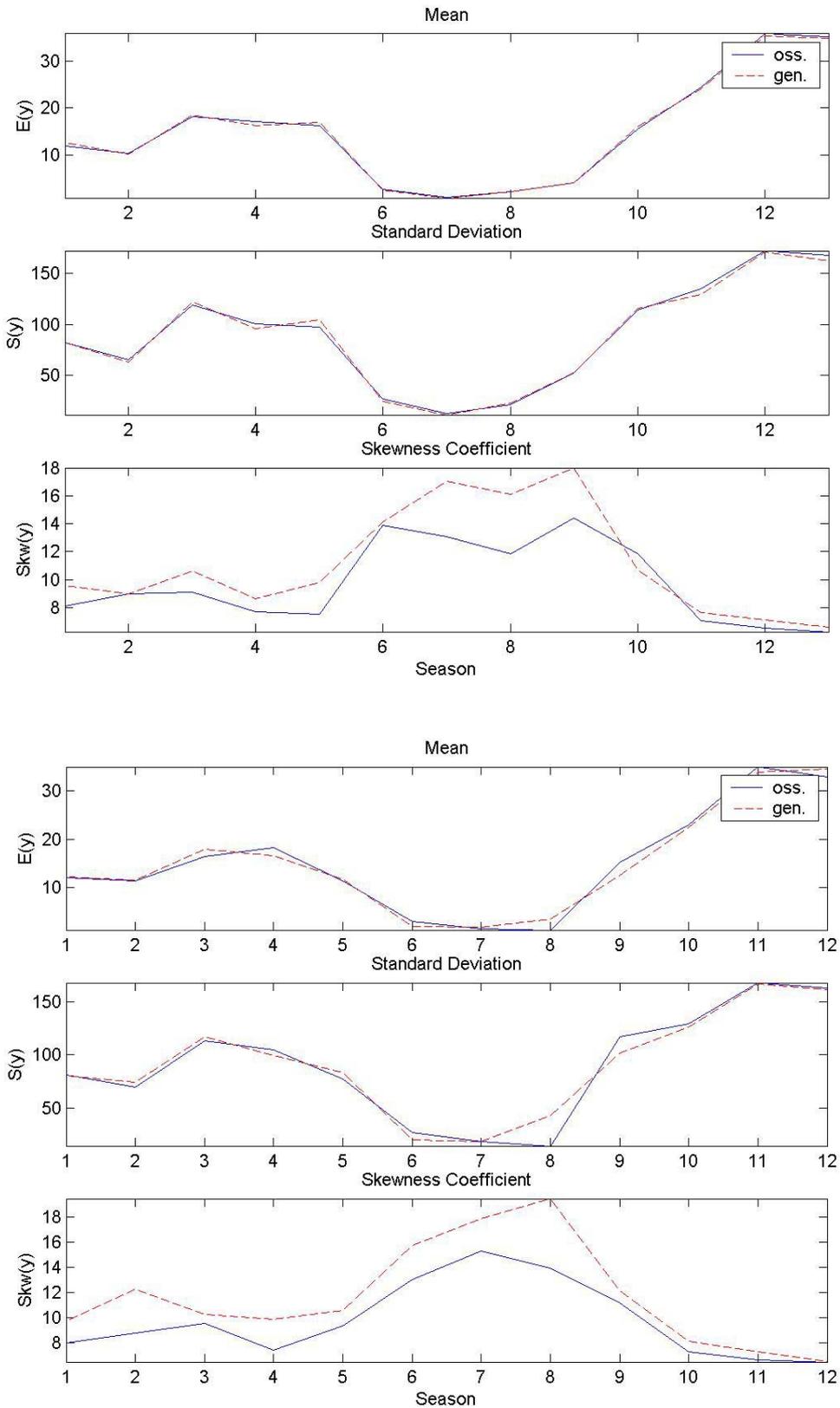


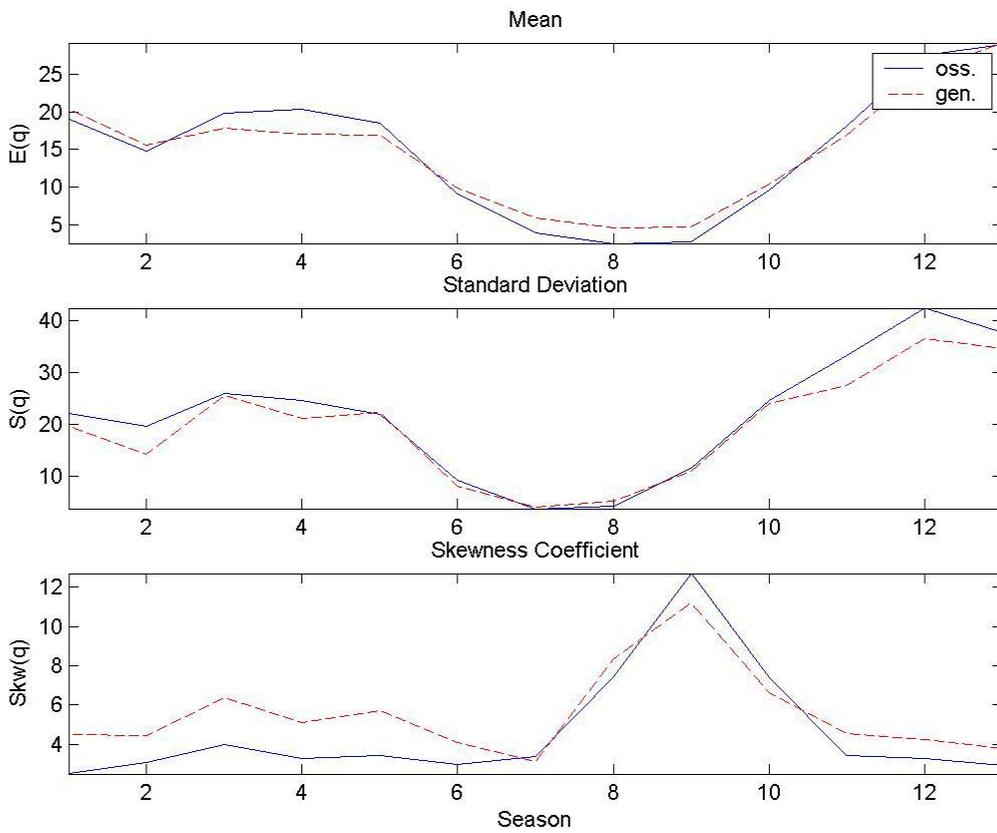
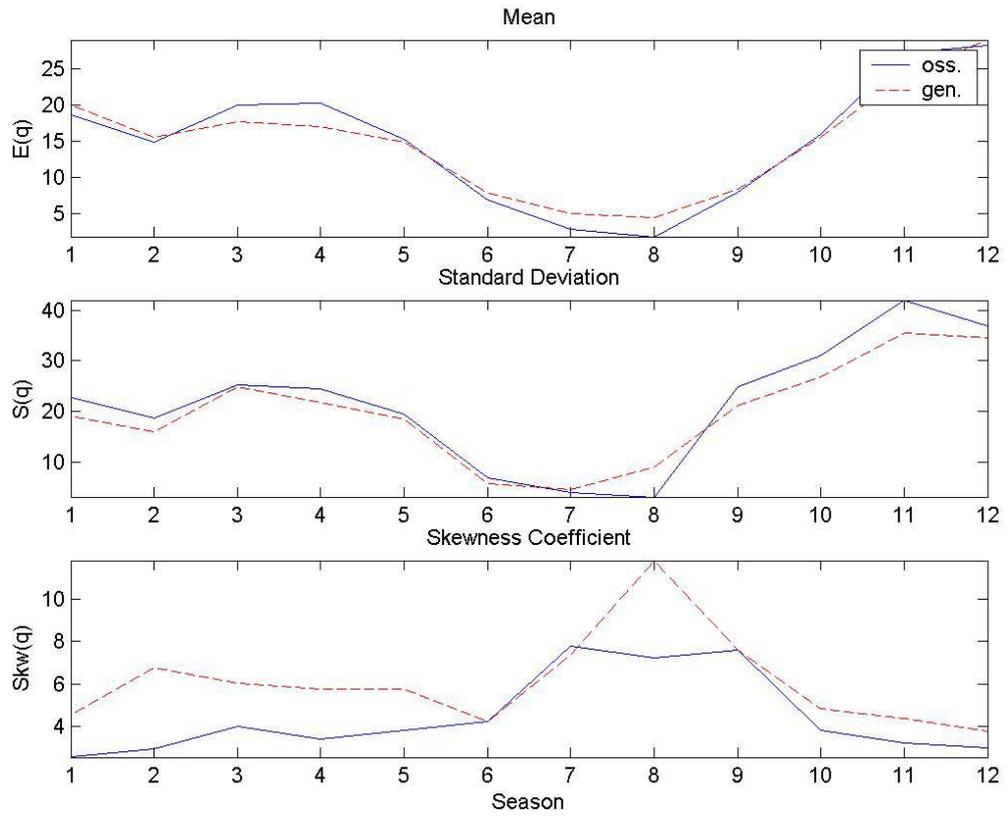


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.



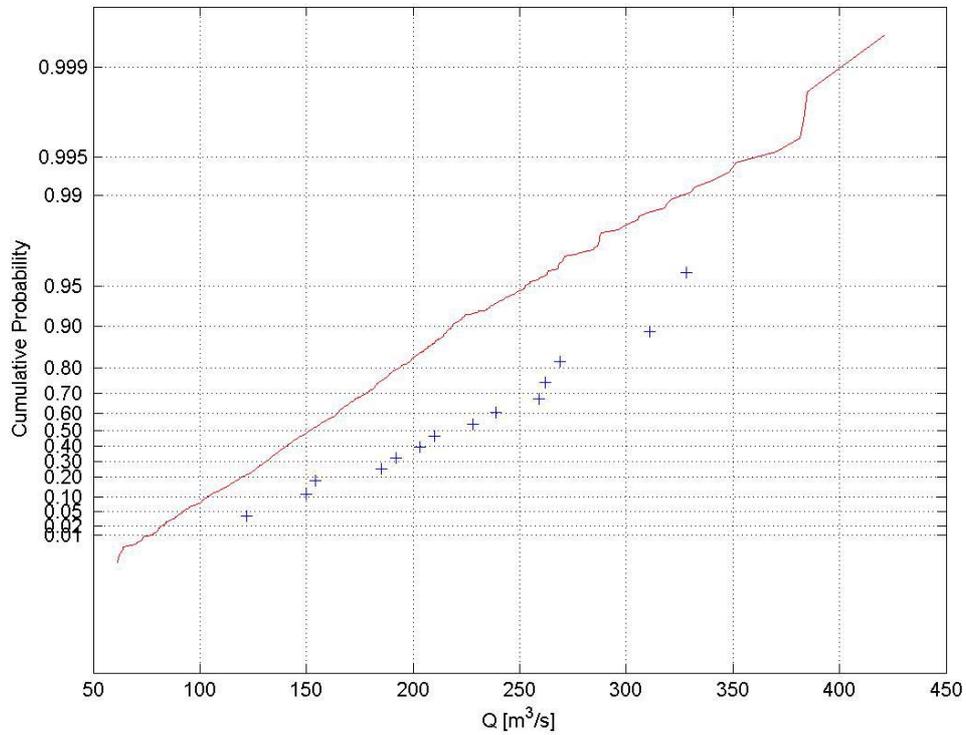
Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.



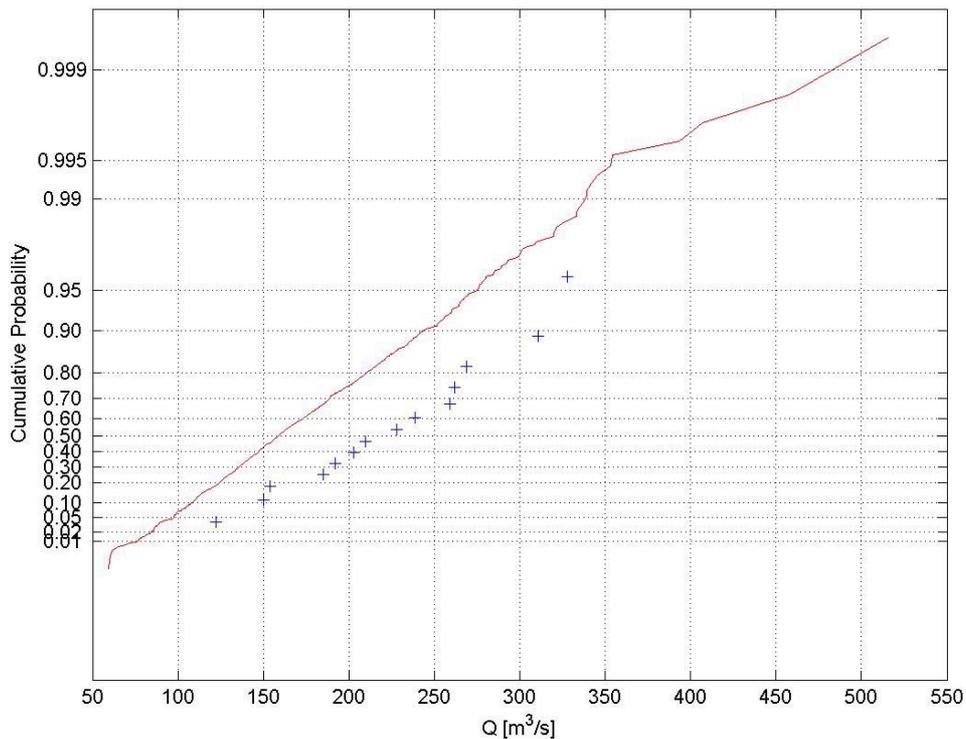


- Serie dei massimi annui su carta probabilistica di Gumbel

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)

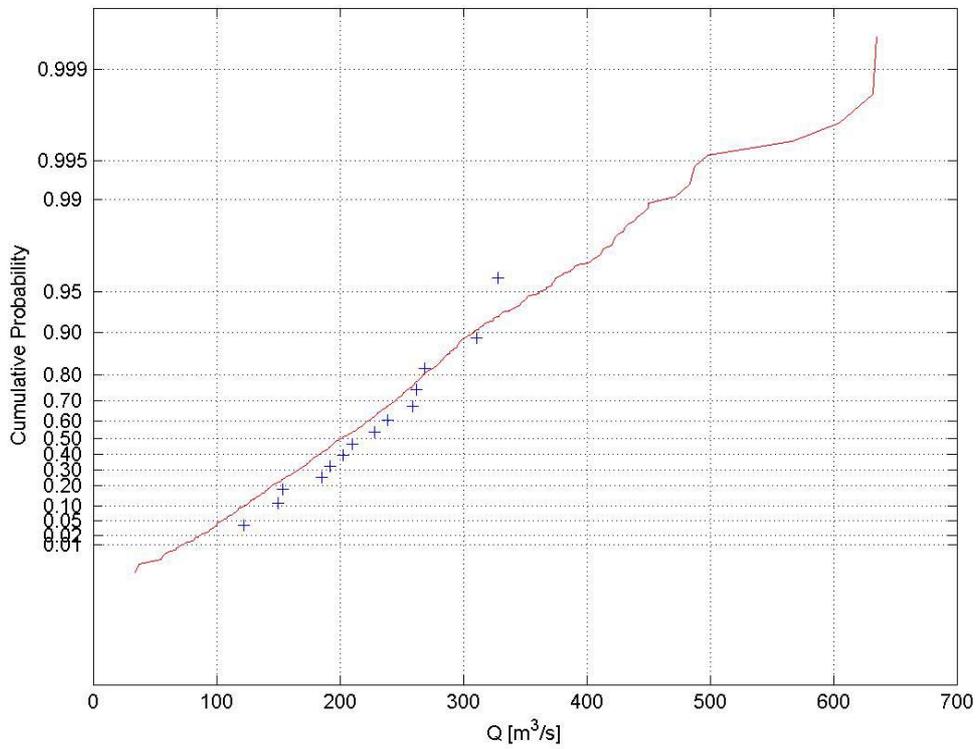


Caso annuale

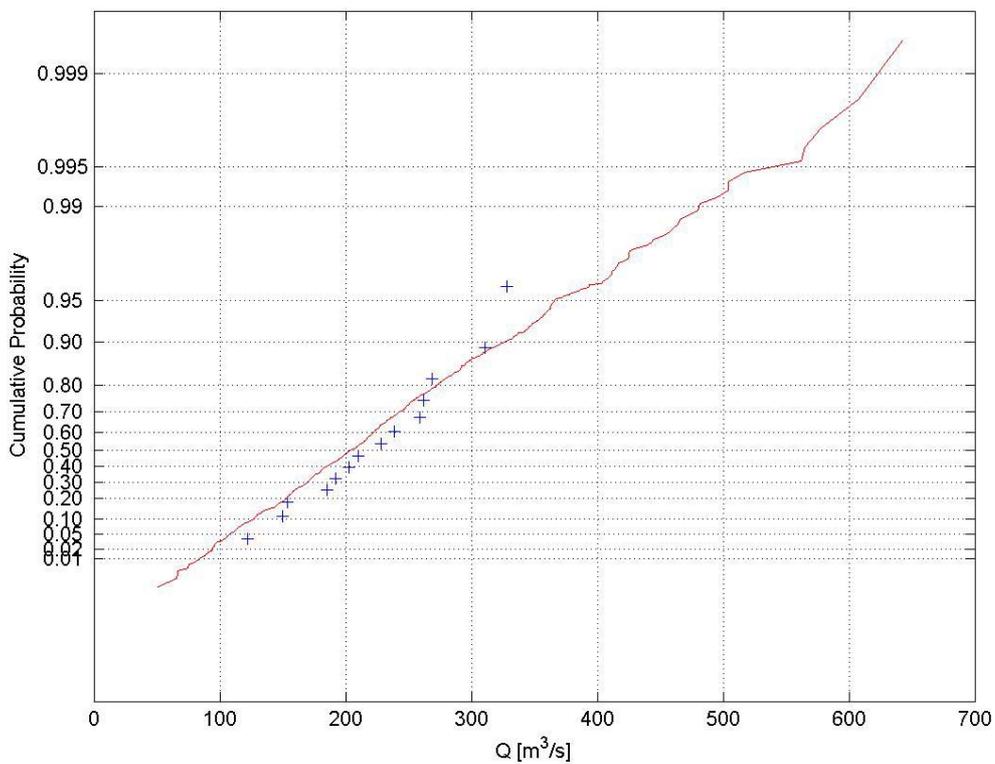


Caso stagionale

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)



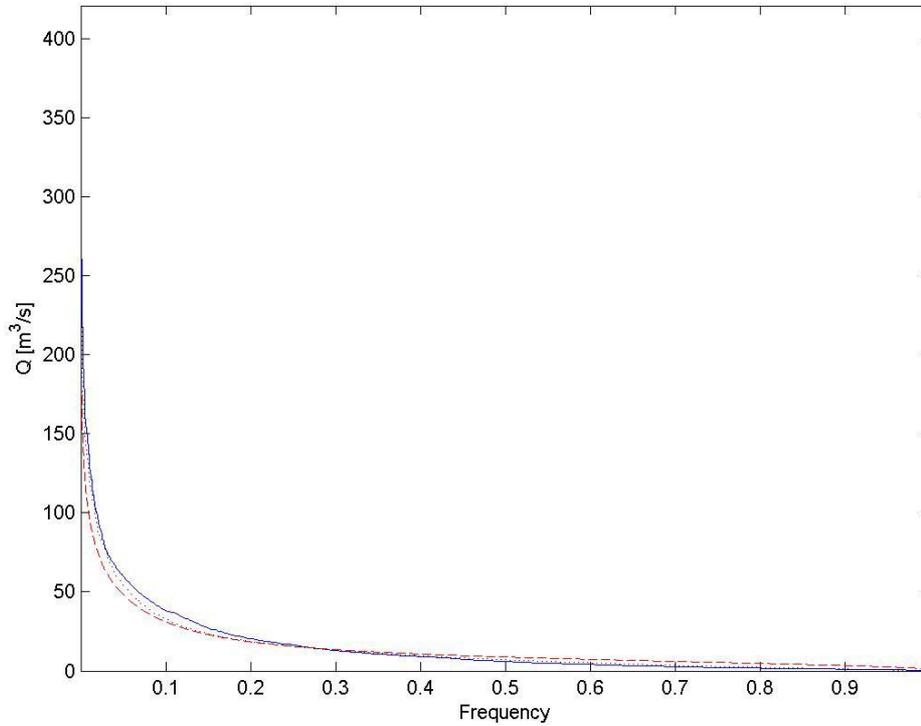
Caso annuale



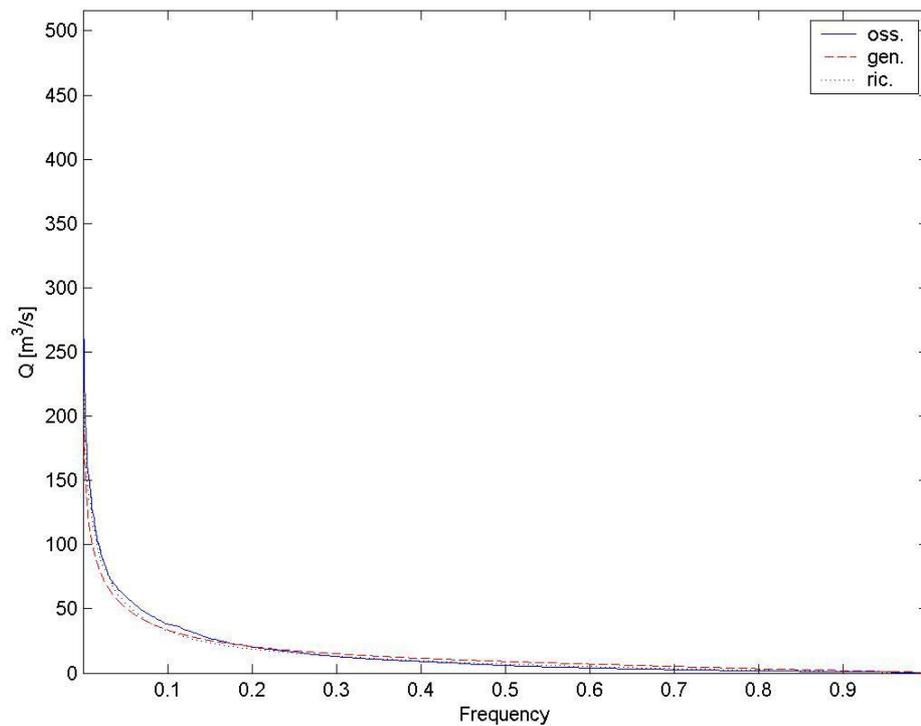
Caso stagionale

- Curva di durata delle portate

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate e puntinata per le ricostruite)

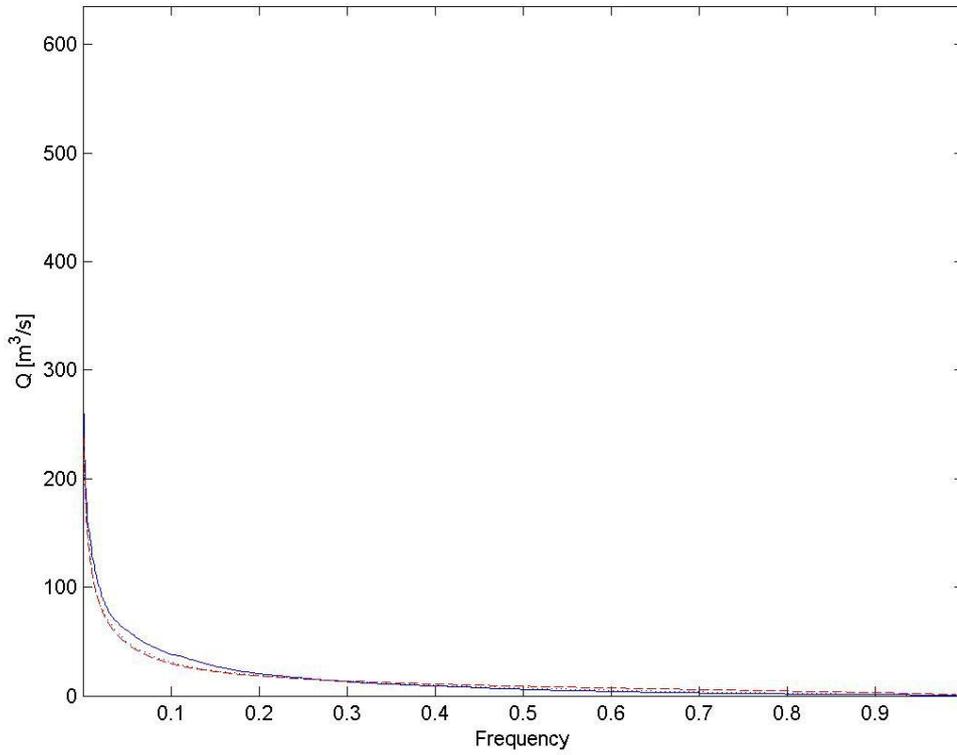


Caso annuale

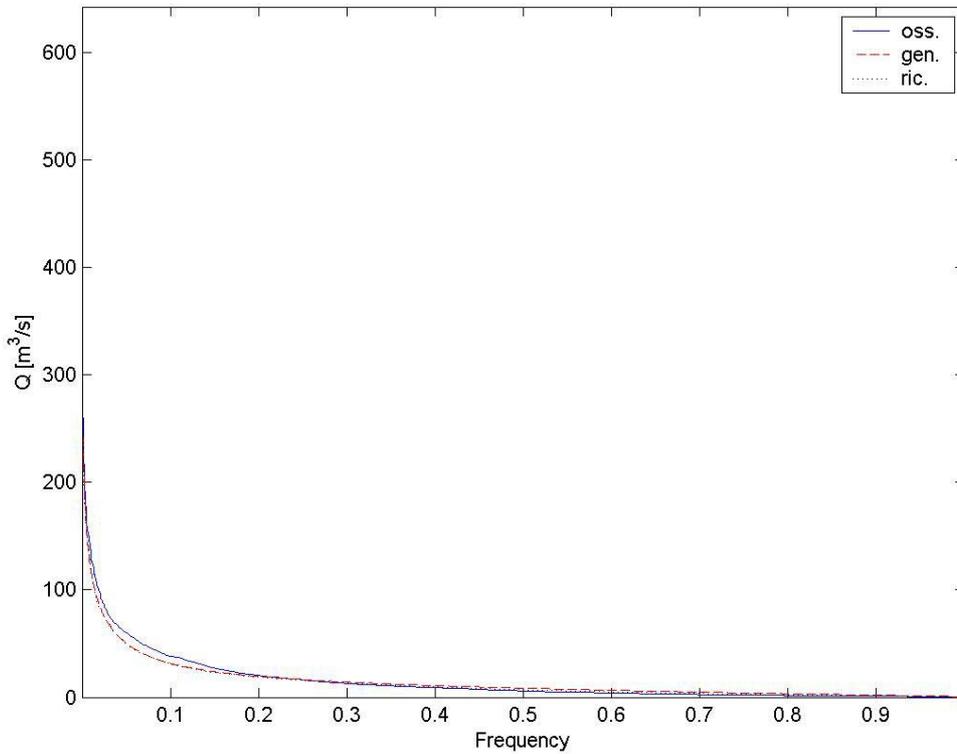


Caso stagionale

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot".

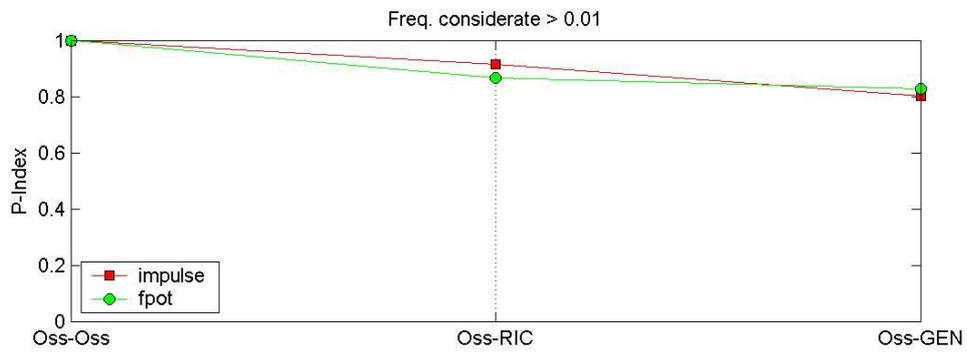
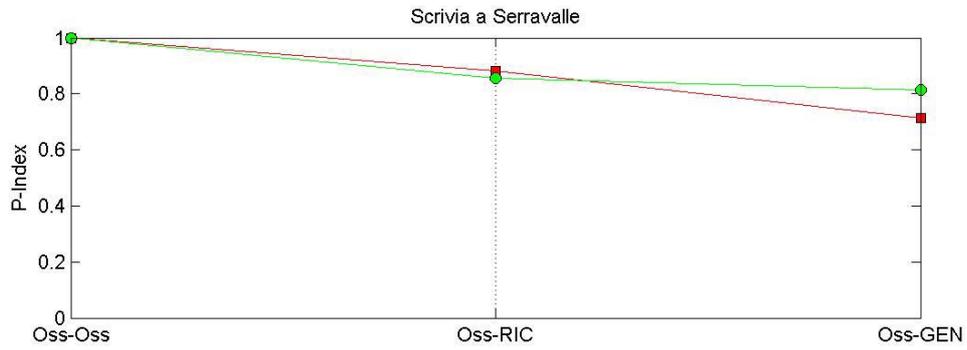


Caso annuale

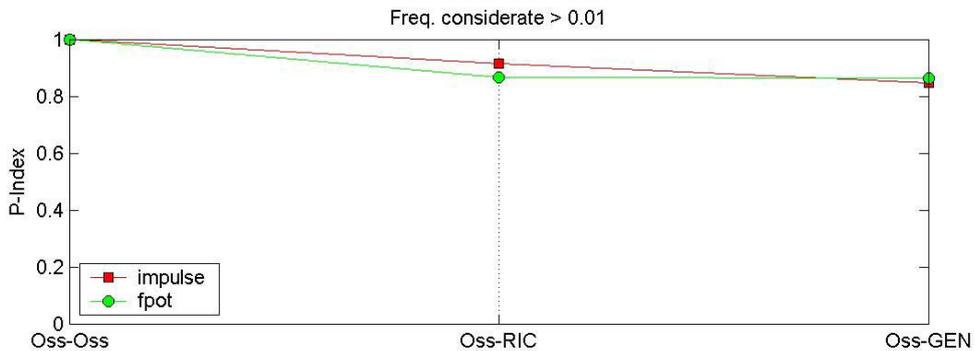
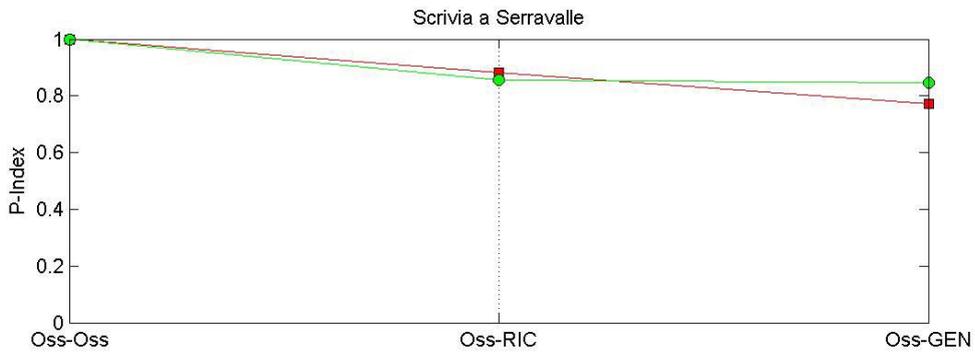


Caso stagionale

- Performance Index P_{INDEX}

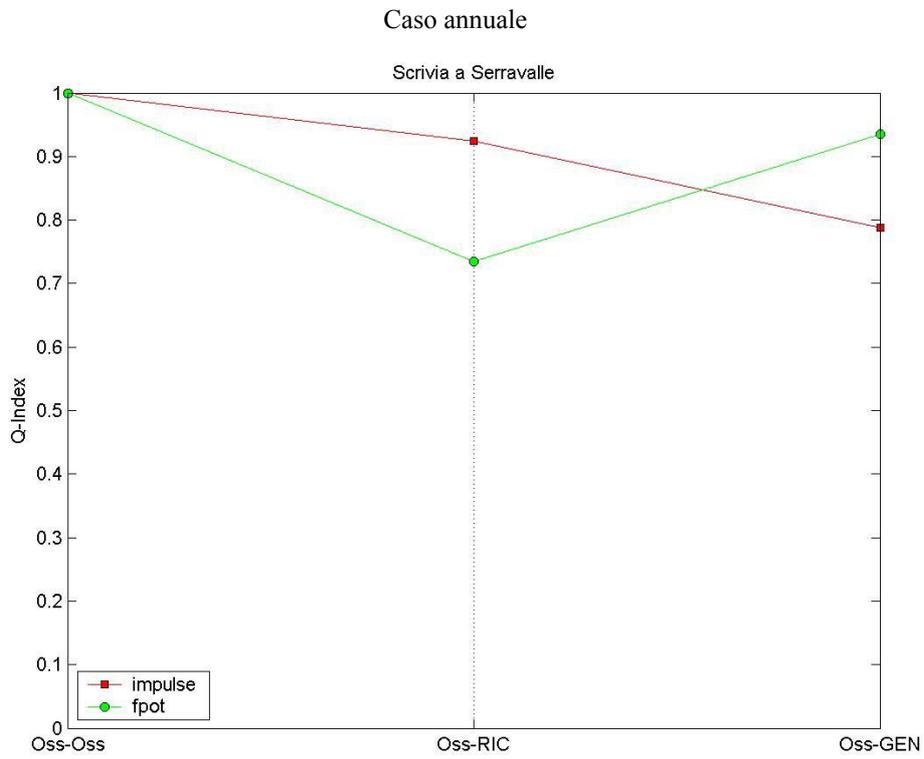
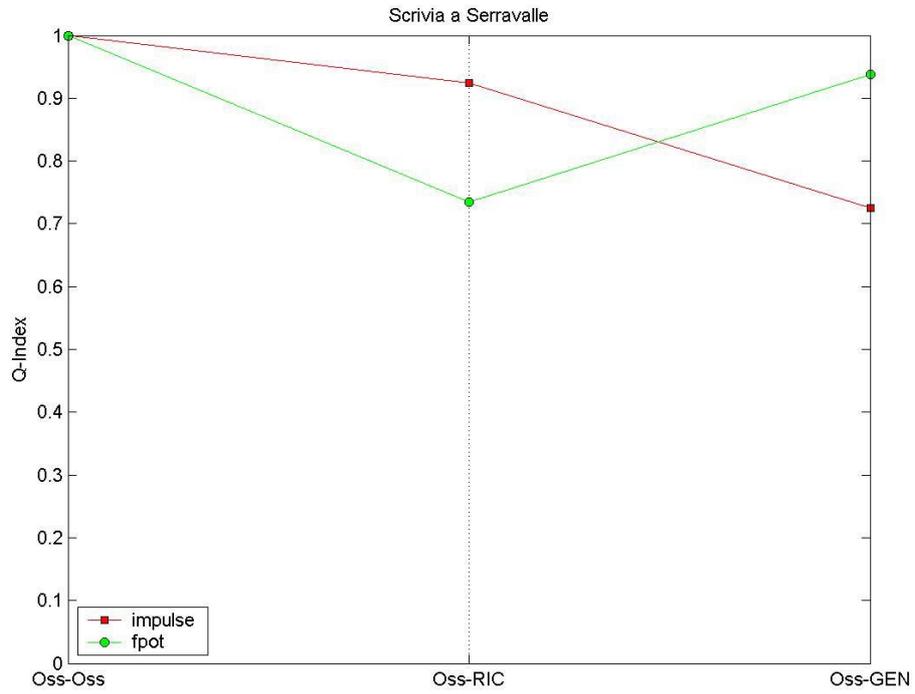


Caso annuale



Caso stagionale

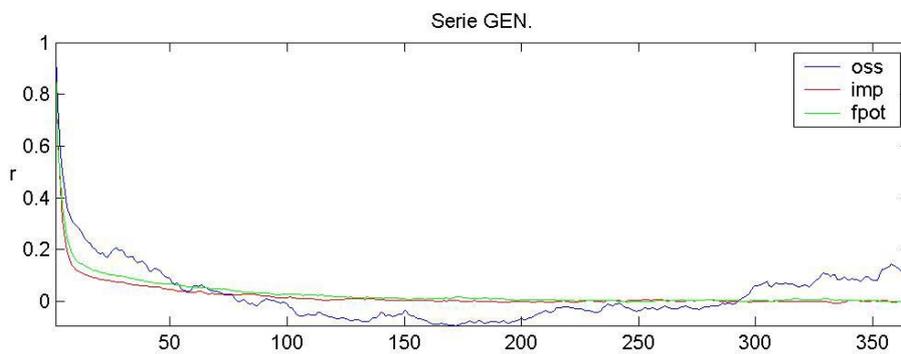
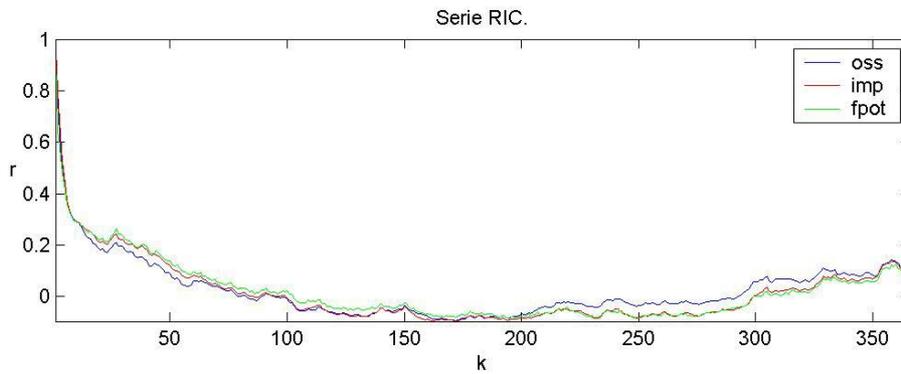
- Indice dei massimi annui Q_{INDEX}



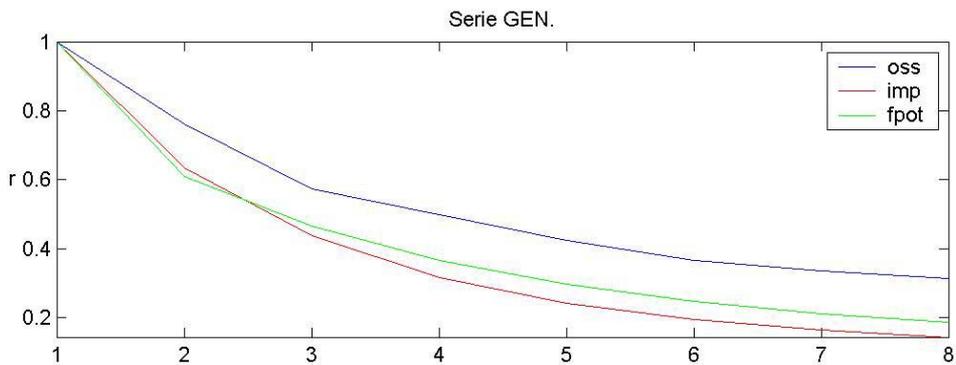
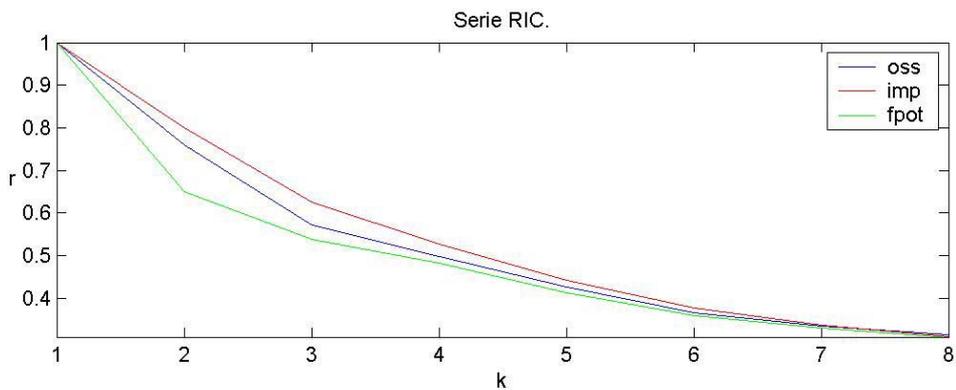
Caso stagionale

- Autocorrelazioni

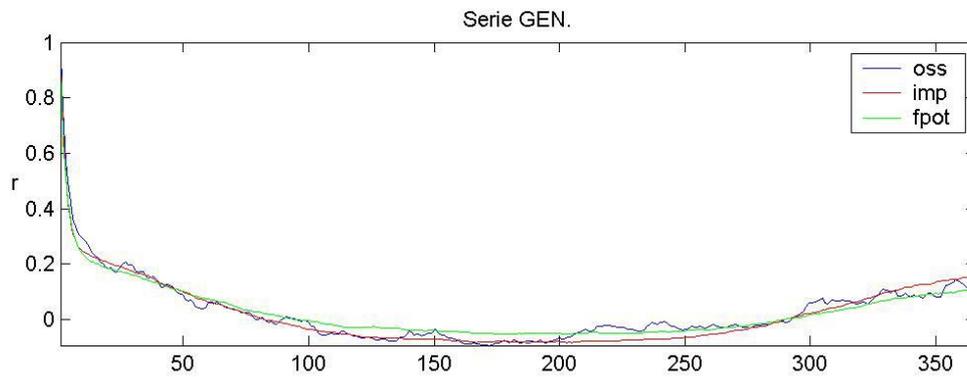
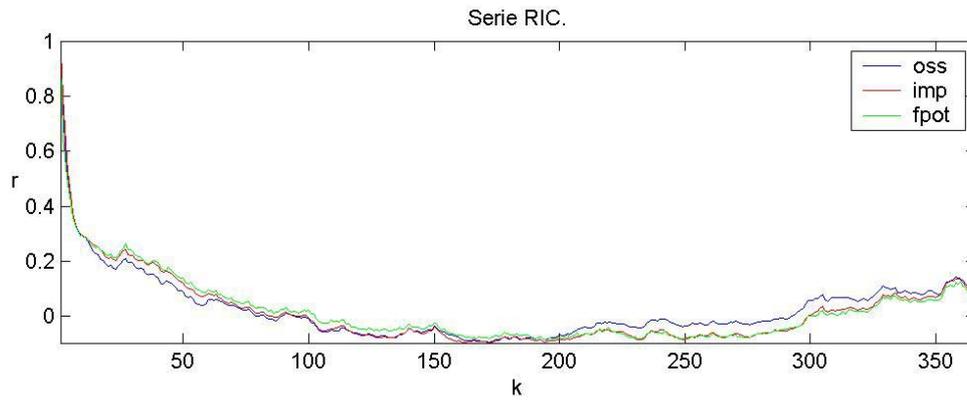
Curve di autocorrelazione dei deflussi valutate per k pari a 365 e 7 giorni. I deflussi sono calcolati a partire dai due tipi di input, quello relativo a parametri annuali e quello generato con parametri stagionali di 28 giorni.



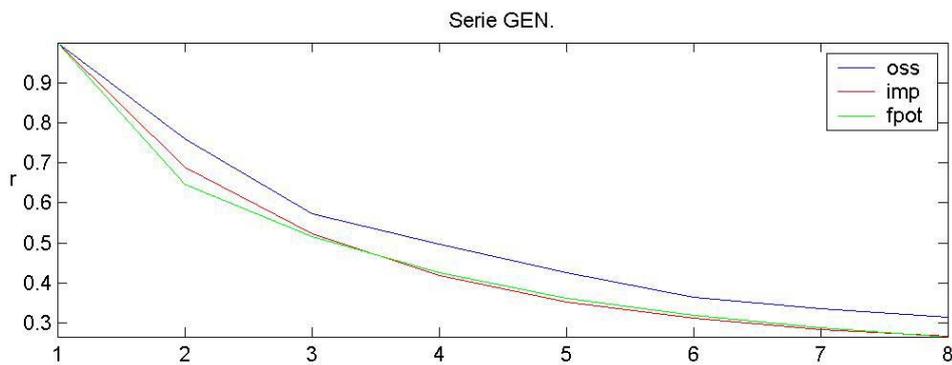
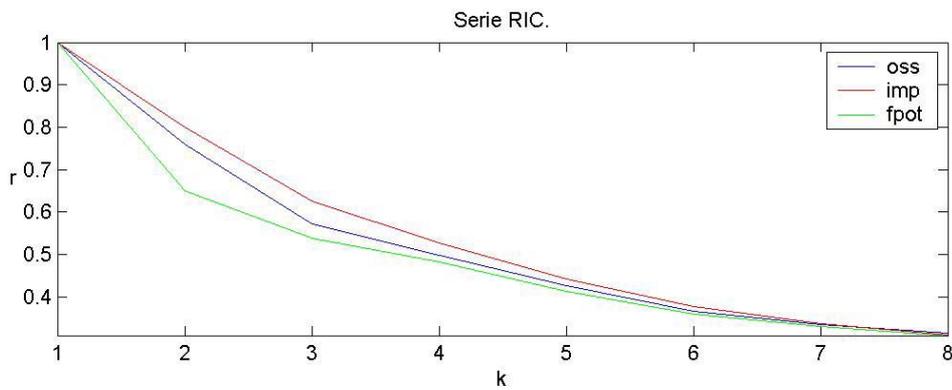
Caso annuale, $k = 365$ gg



Caso annuale, $k = 7$ gg



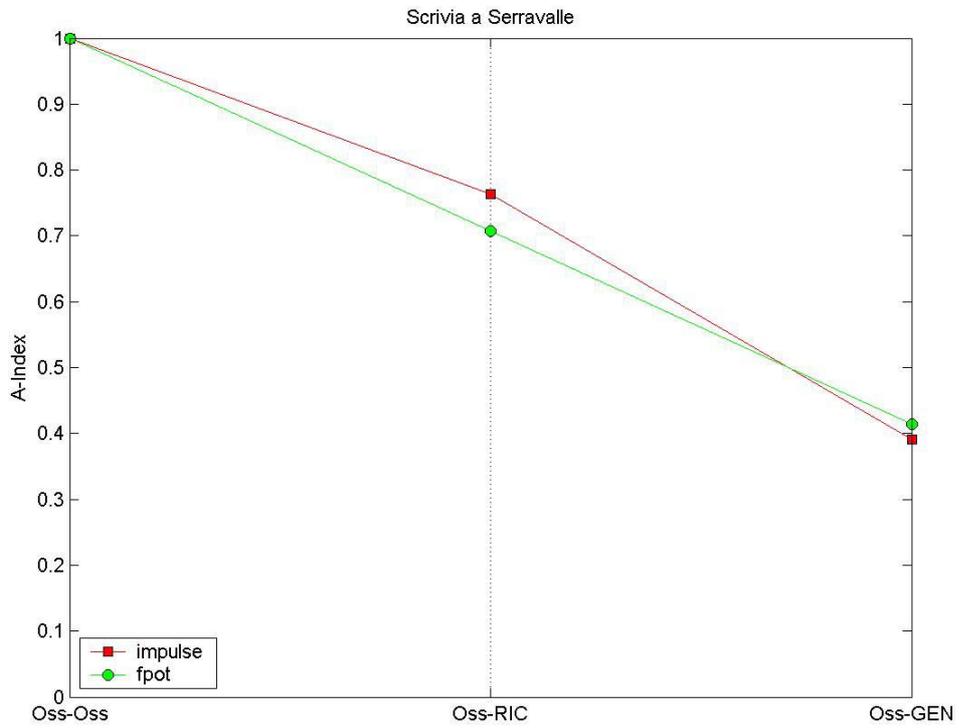
Caso stagionale, k = 365 gg



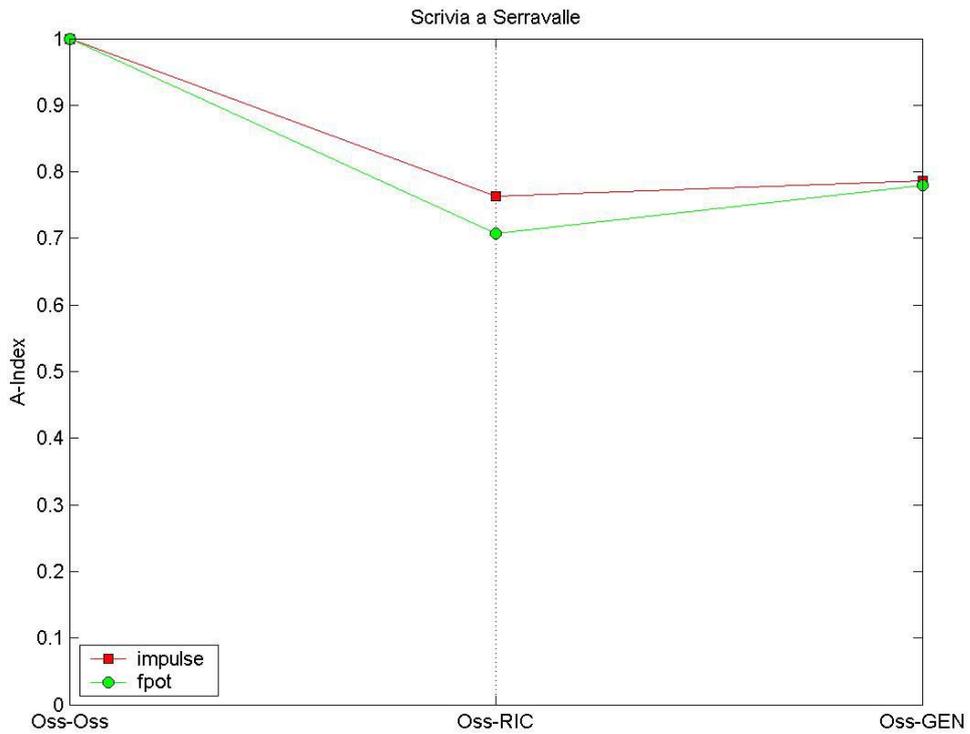
Caso stagionale, k = 7 gg

- A_{INDEX} (Indice delle autocorrelazioni)

E' relativo alle serie delle autocorrelazioni dei deflussi con lag di 365 giorni.



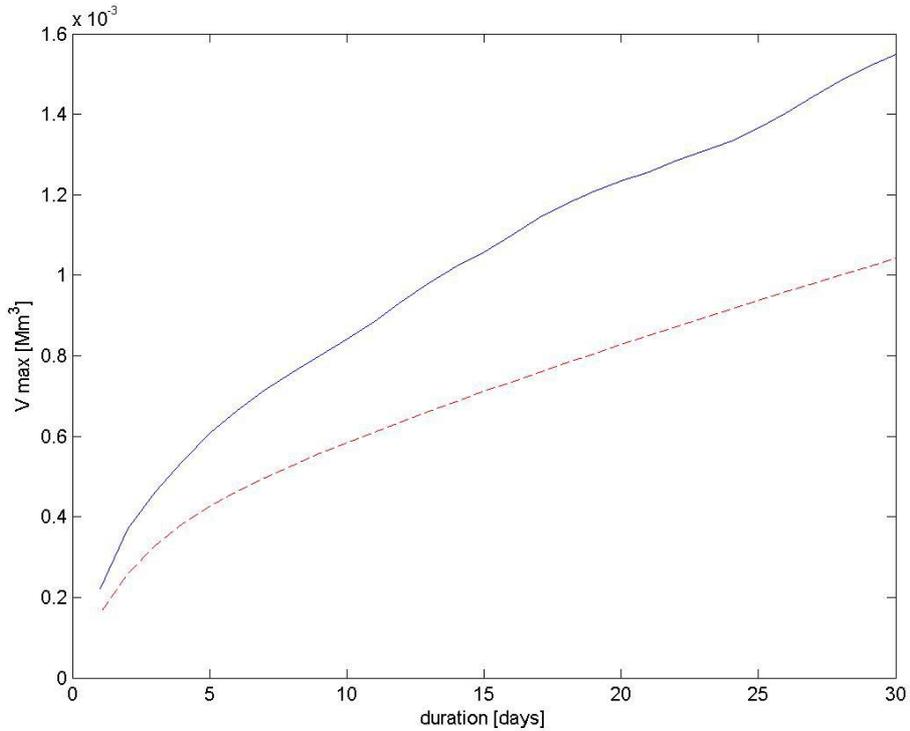
Caso annuale



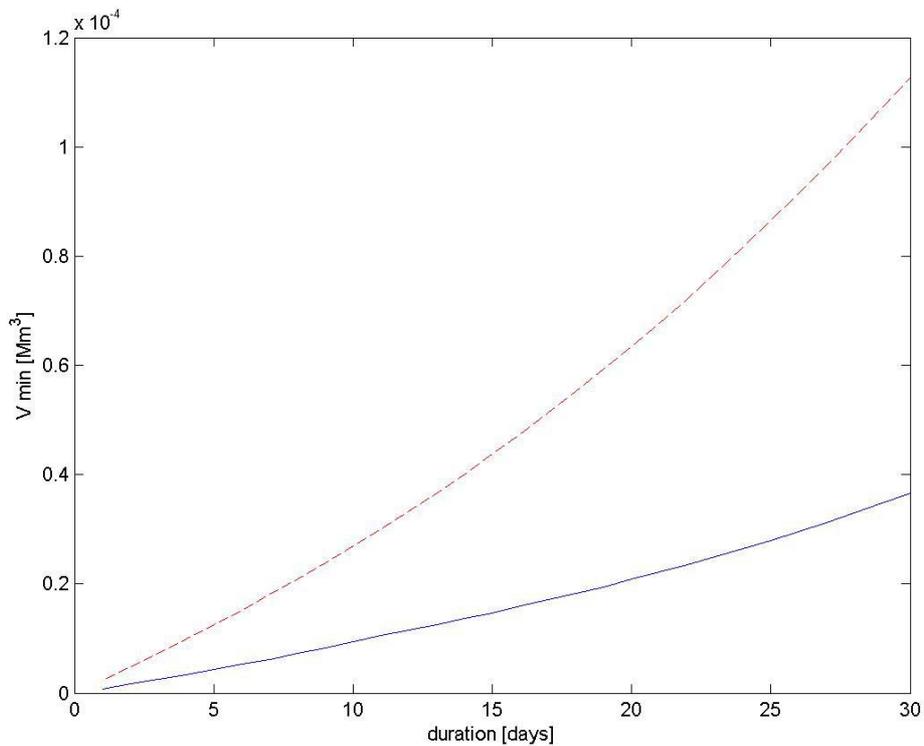
Caso stagionale

- Curve dei volumi massimi (minimi) medi annui

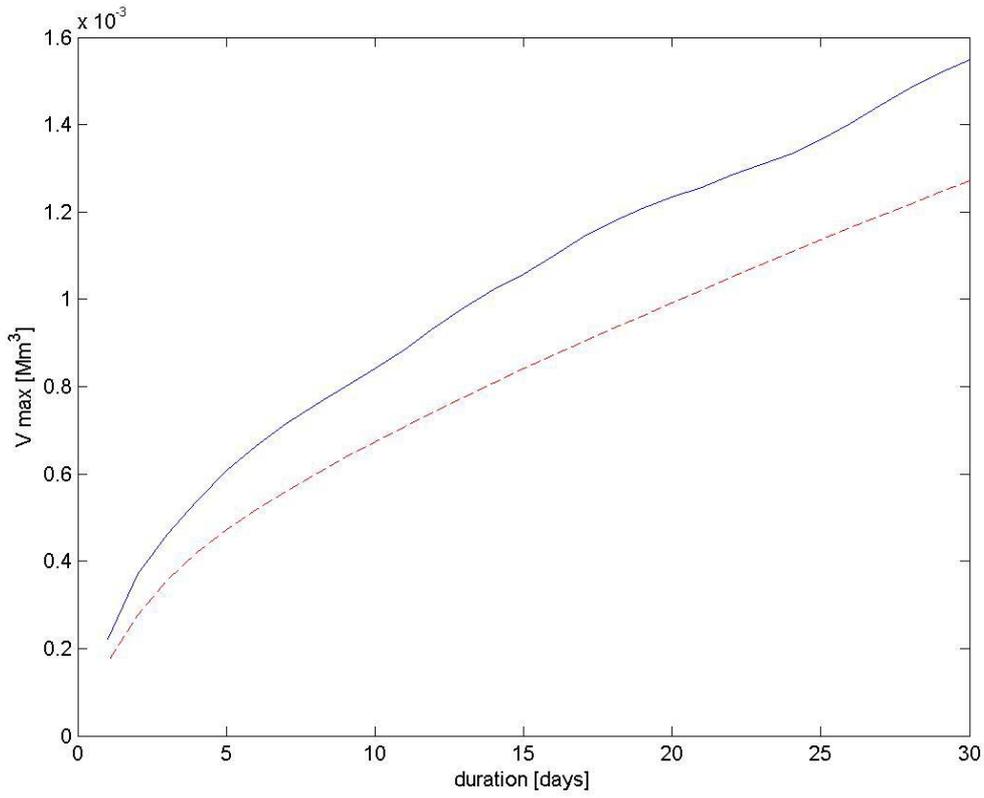
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



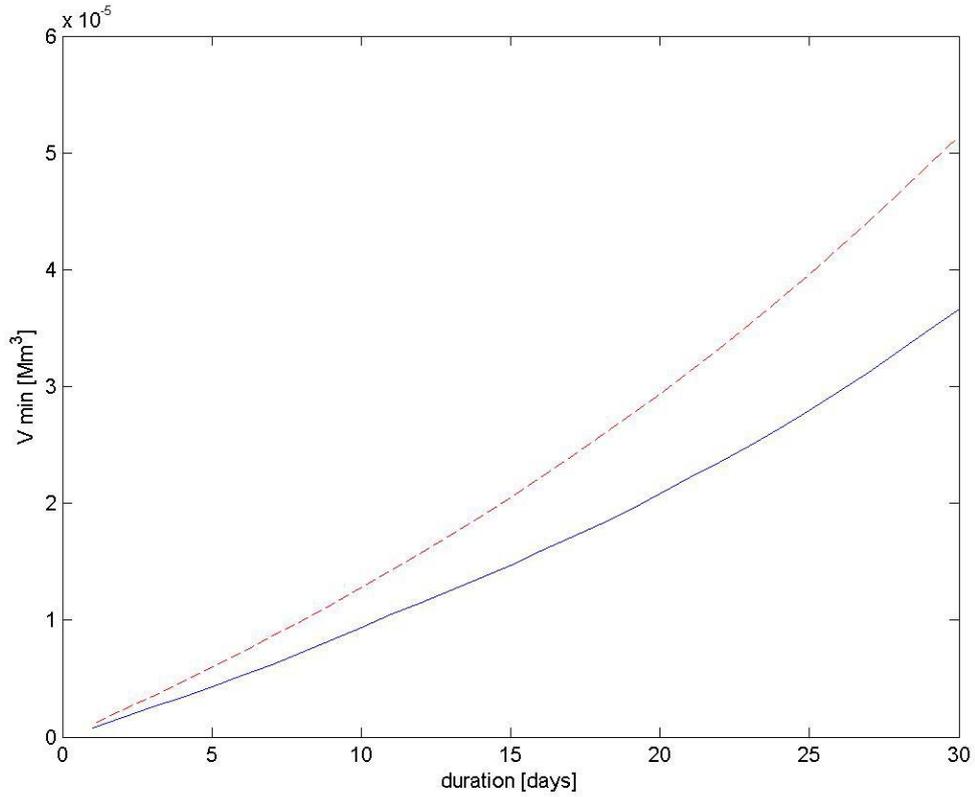
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale

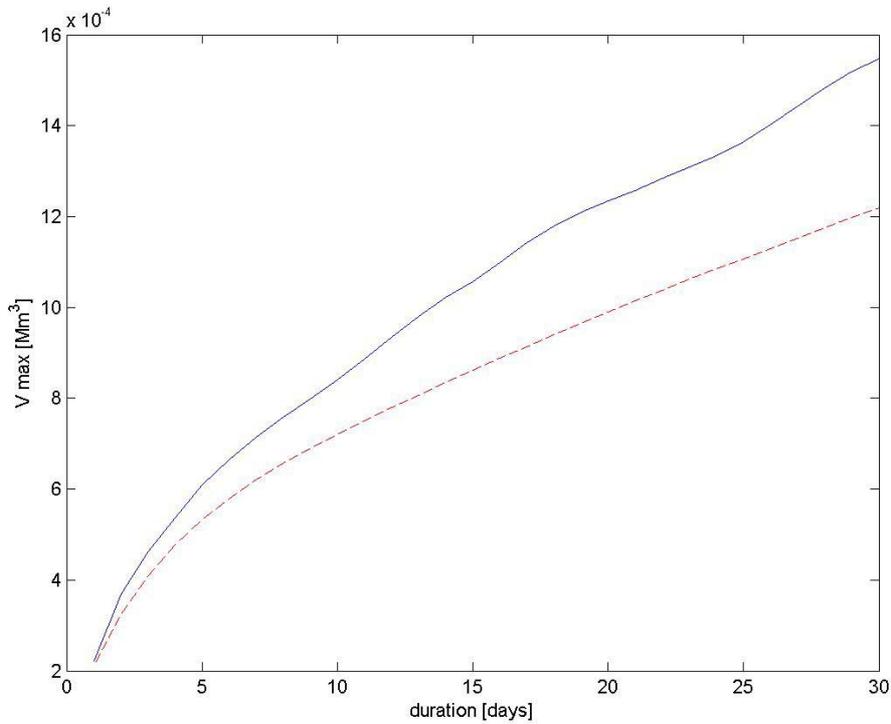


Serie dei V_{MAX} , caso stagionale

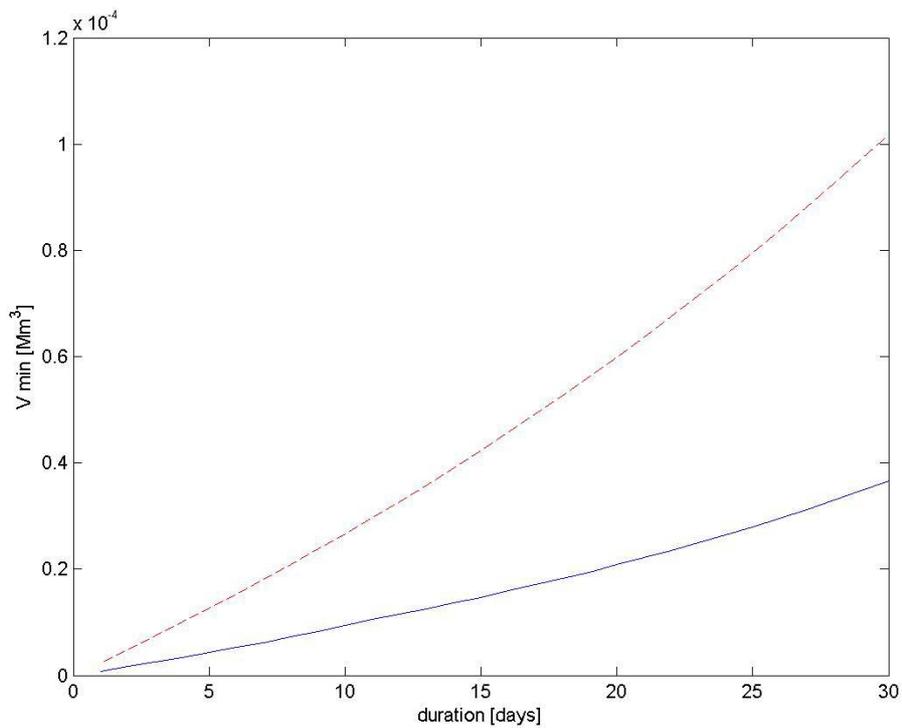


Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

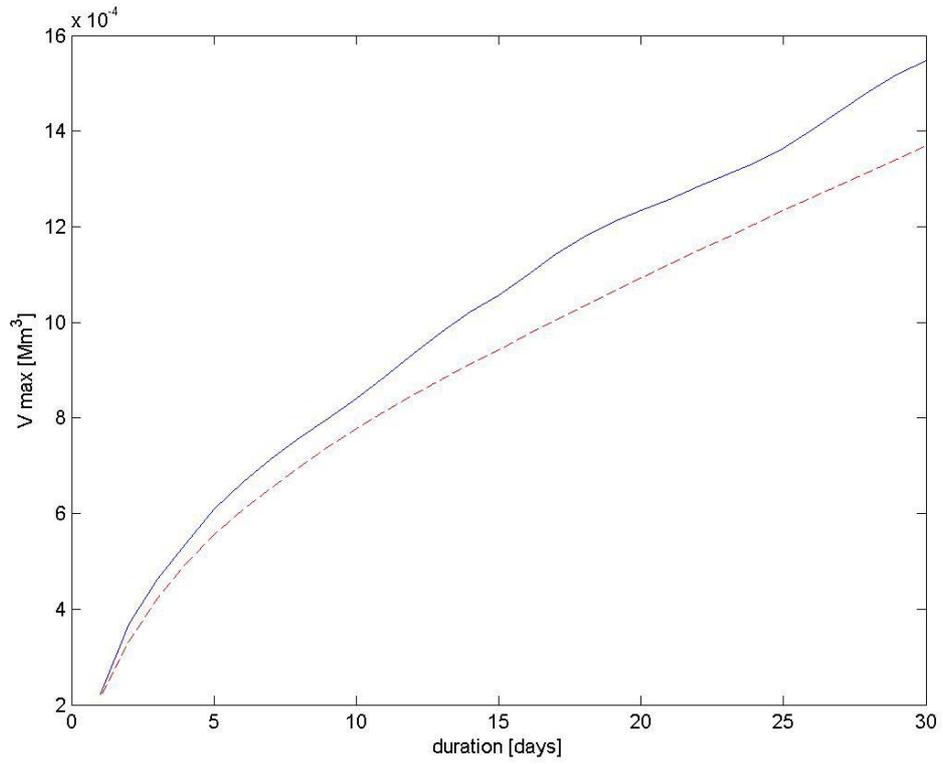
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



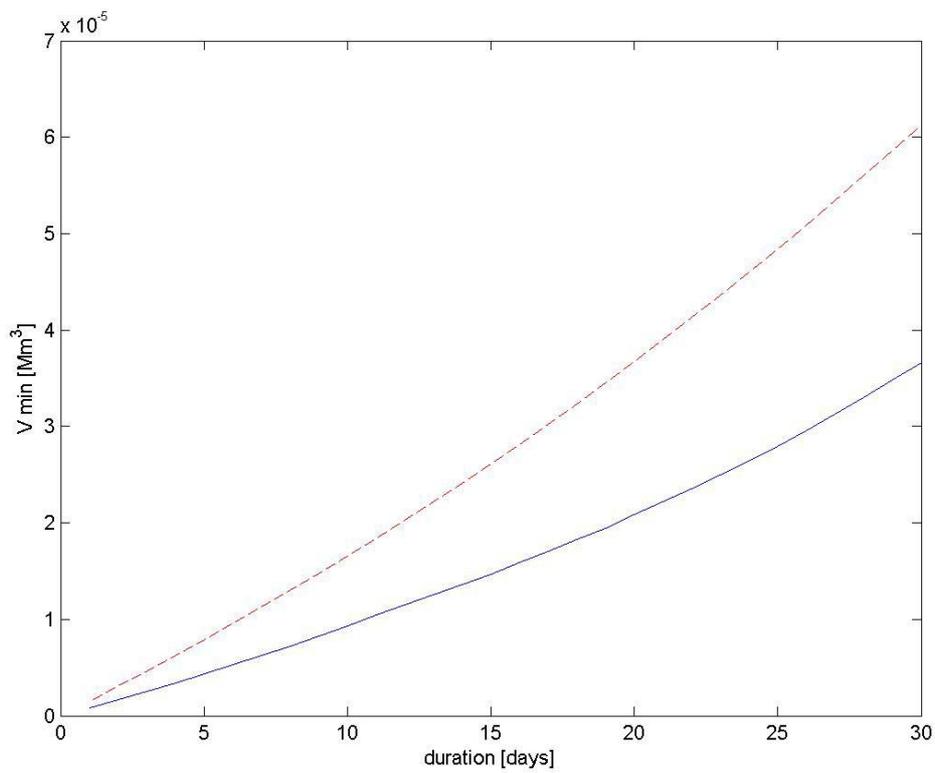
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale



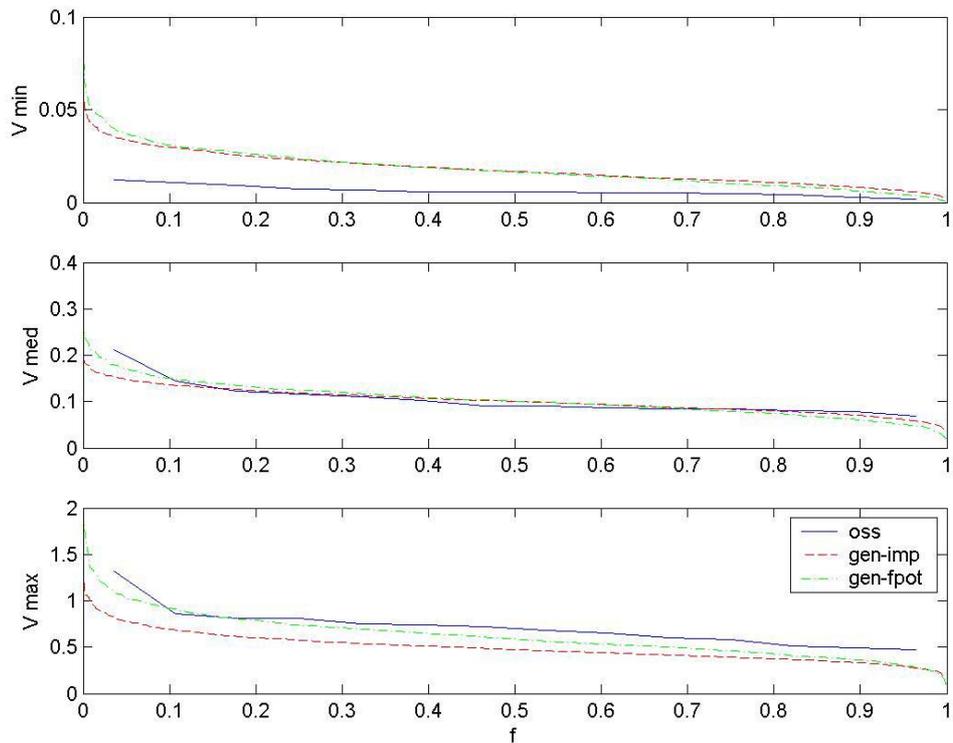
Serie dei V_{MAX}, caso stagionale



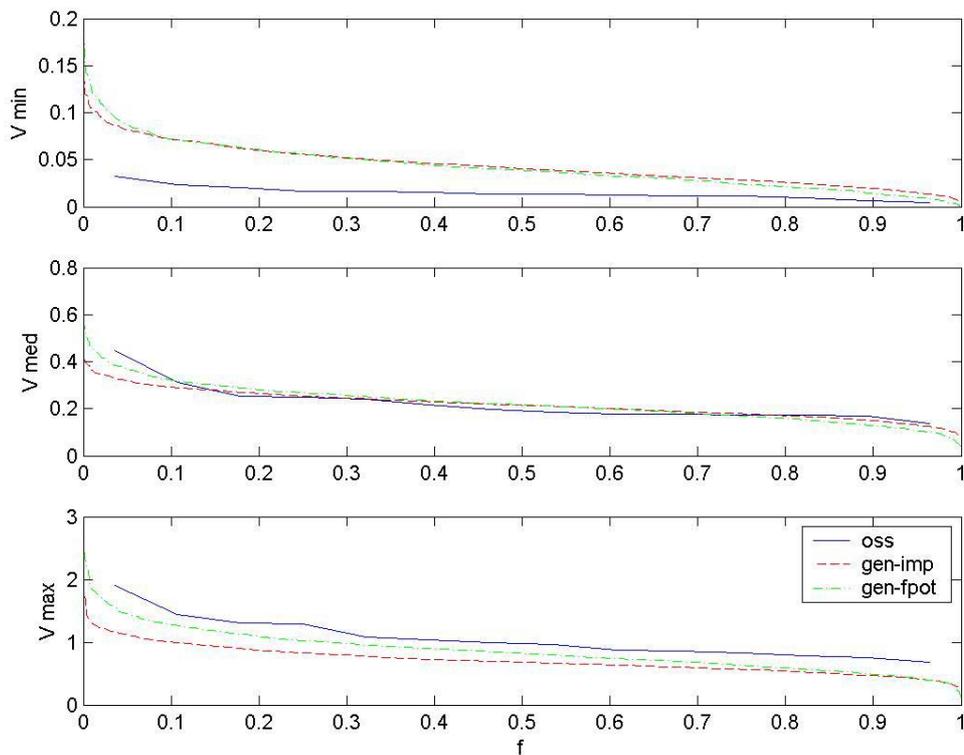
Serie dei V_{MIN}, caso stagionale

- Curve di frequenza dei volumi

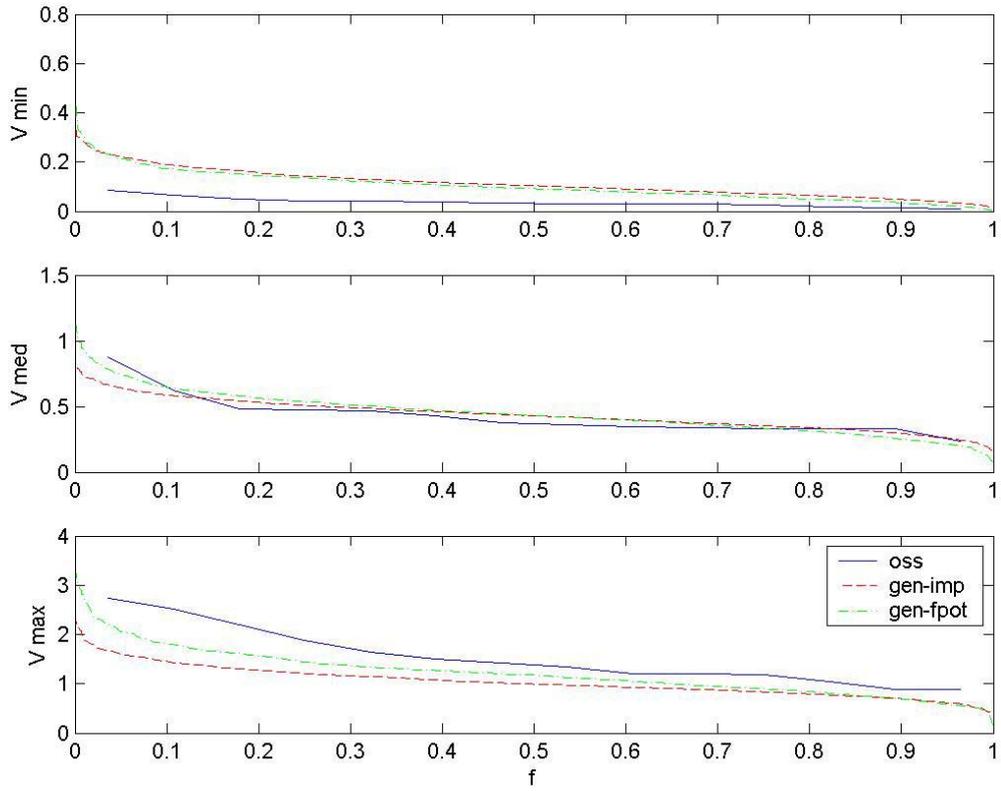
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di 7, 15 e 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni.



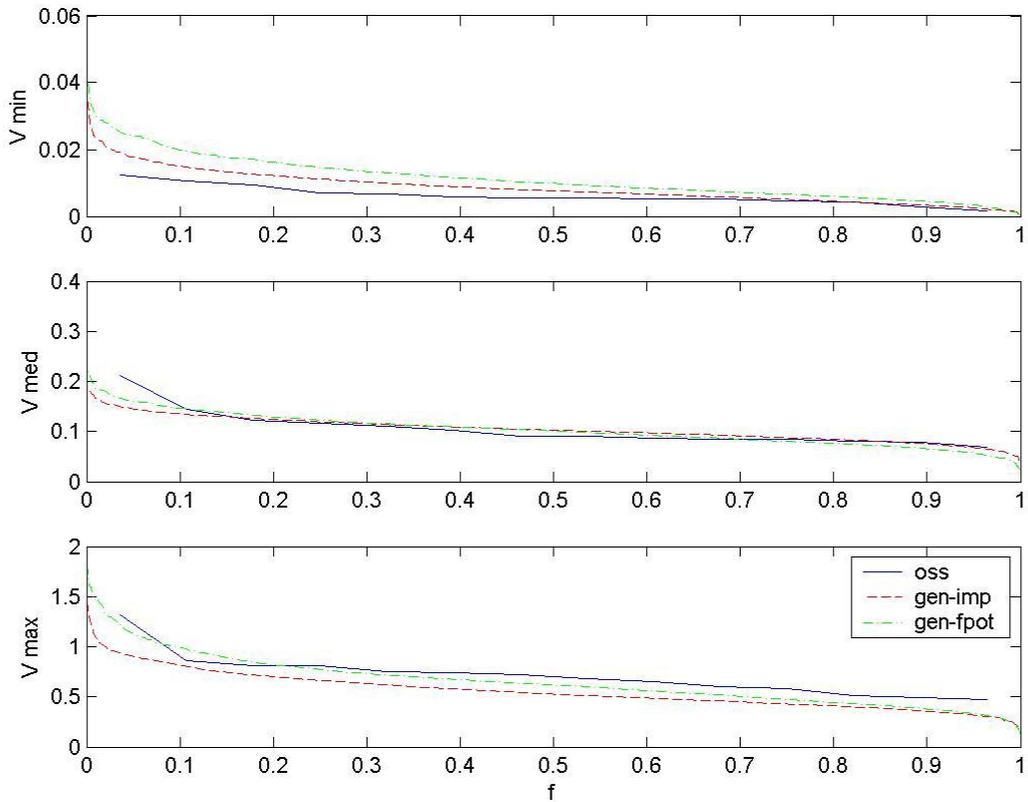
Caso annuale, finestra di integrazione di 7 giorni



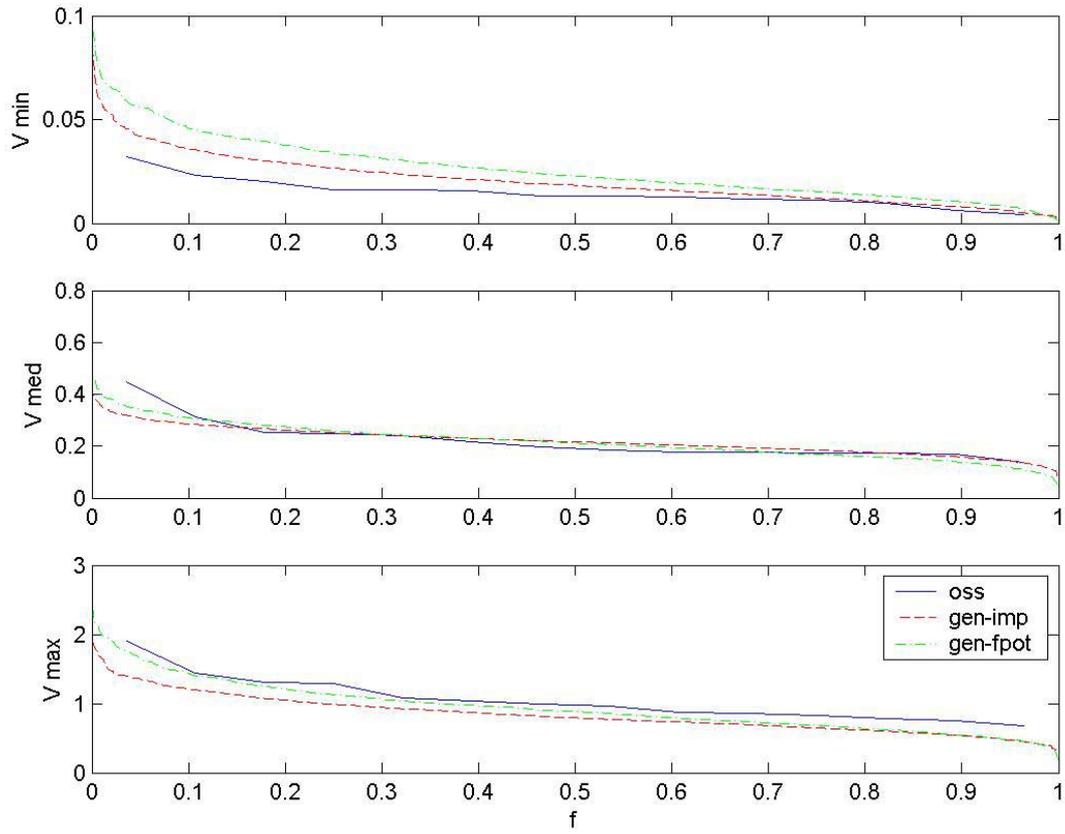
Caso annuale, finestra di integrazione di 15 giorni



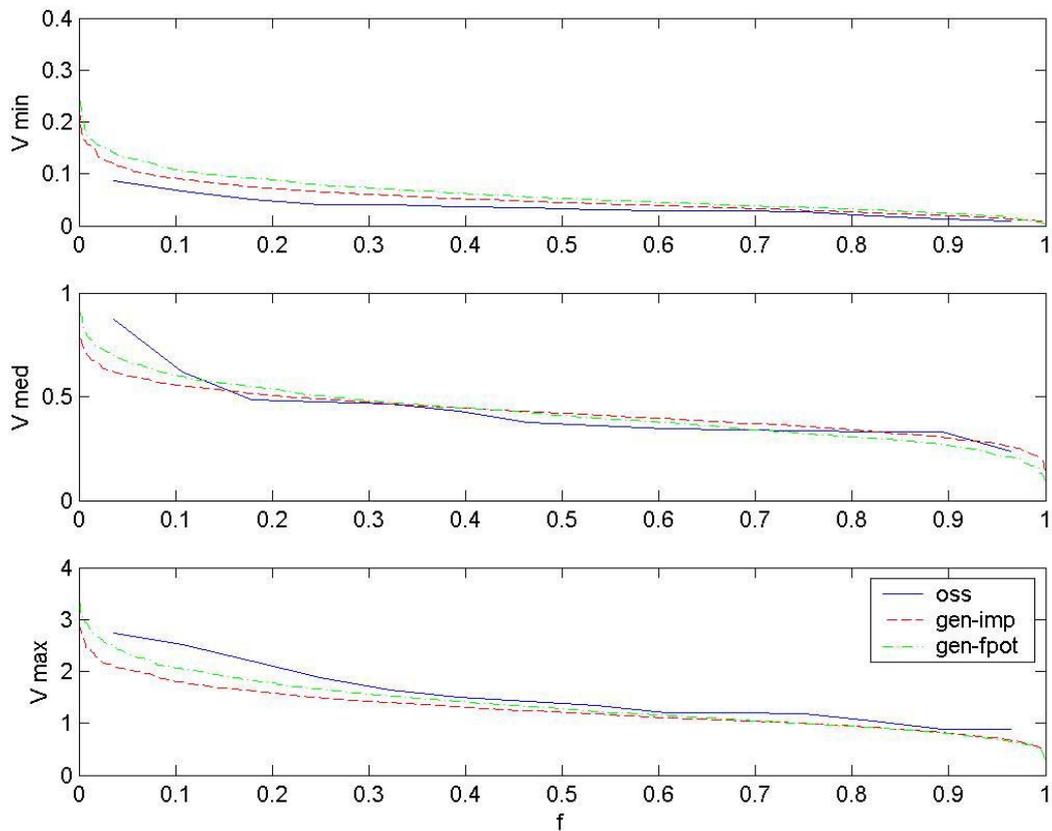
Caso annuale, finestra di integrazione di 30 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 7 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 15 giorni



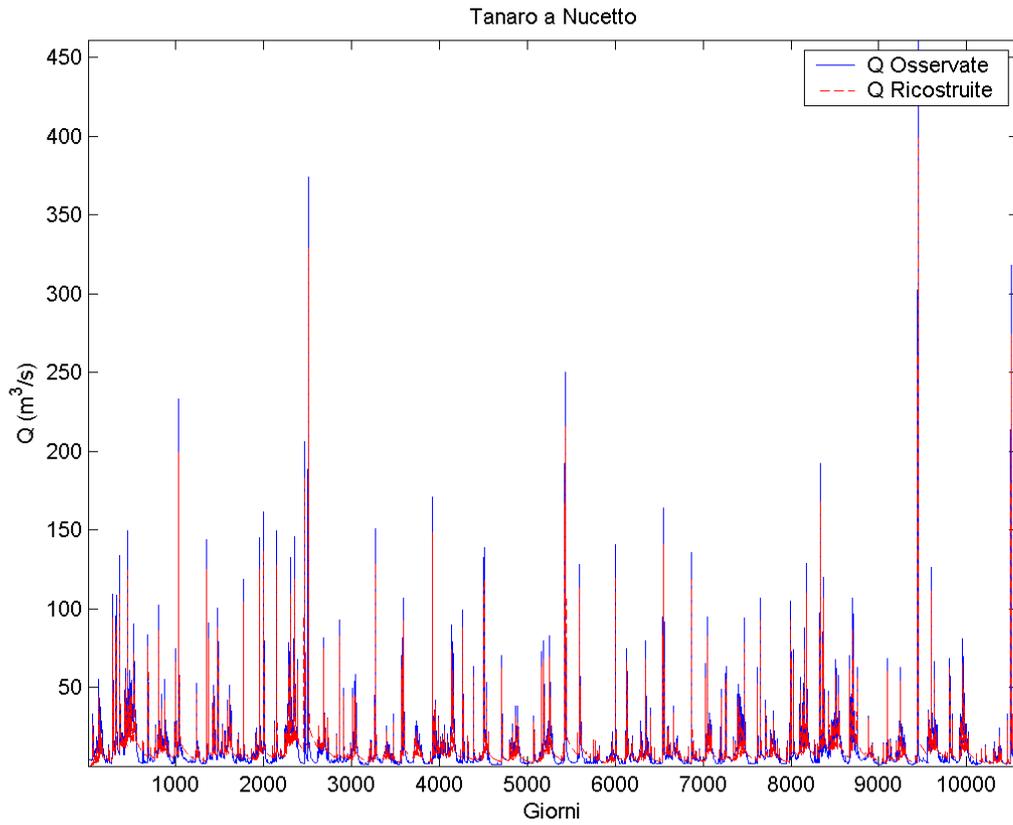
Caso stagionale, finestra di integrazione di 30 giorni

B.7 Tanaro a Nucetto

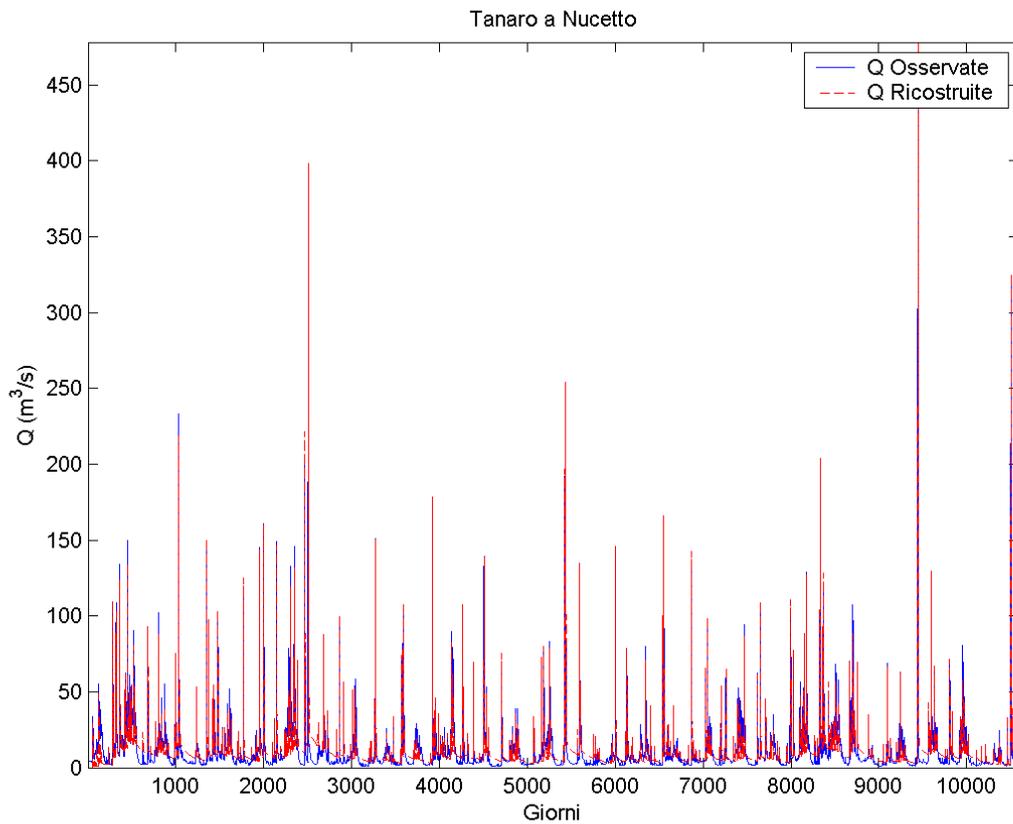
B.7.1 Parametri del modello Shot Noise

Shot Noise con input iniziale <i>impulse</i>	Shot Noise con input iniziale <i>spot</i> *
Cod.: 33	Cod.: 33
Bacino: Tanaro a Nucetto	Bacino: Tanaro a Nucetto
$R^2 = 0.8676$ Int h = 0.9990	$R^2 = 0.7029$ Int h = 0.9990
----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----	----- PARAMETRI modello "SHOT NOISE" -----
c0 (-) 0.0953	c0 (-) 0.0936
c1 (-) 0.2534	c1 (-) 0.2070
c2 (-) 0.6514	c2 (-) 0.6993
k1 (gg) 2.0094	k1 (gg) 2.8886
k2 (gg) 135.3103	k2 (gg) 205.6510
----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 878	----- RITARDO FUNZ. DI RISPOSTA (gg): 1350

* si intende privo del processo di deconvoluzione



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “impulse”



Serie dei deflussi “ricostruiti”. Stime effettuate con input iniziale “fpot”

B.7.2 Serie sintetiche

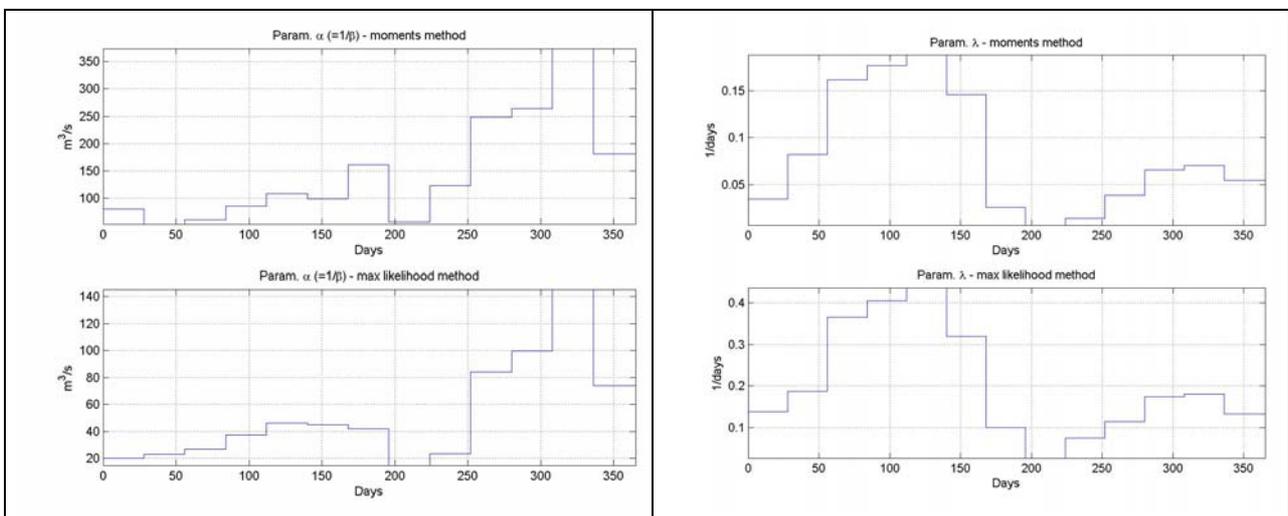
- Parametri del modello di generazione

Bacino: Tanaro a Nucetto
 Tipo input iniziale: impulse

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0560
 alfa = 186.6068

Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".



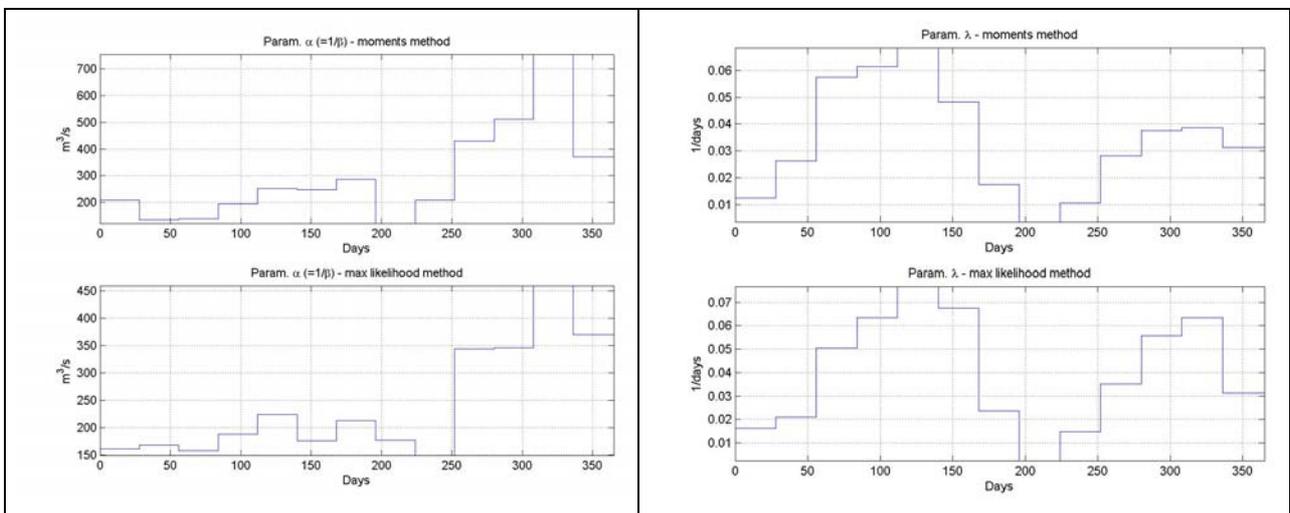
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "impulse".

Bacino: Tanaro a Nucetto
 Tipo input iniziale: fpot

Parametri della distribuzione di Poisson

lambda = 0.0255
 alfa = 407.4018

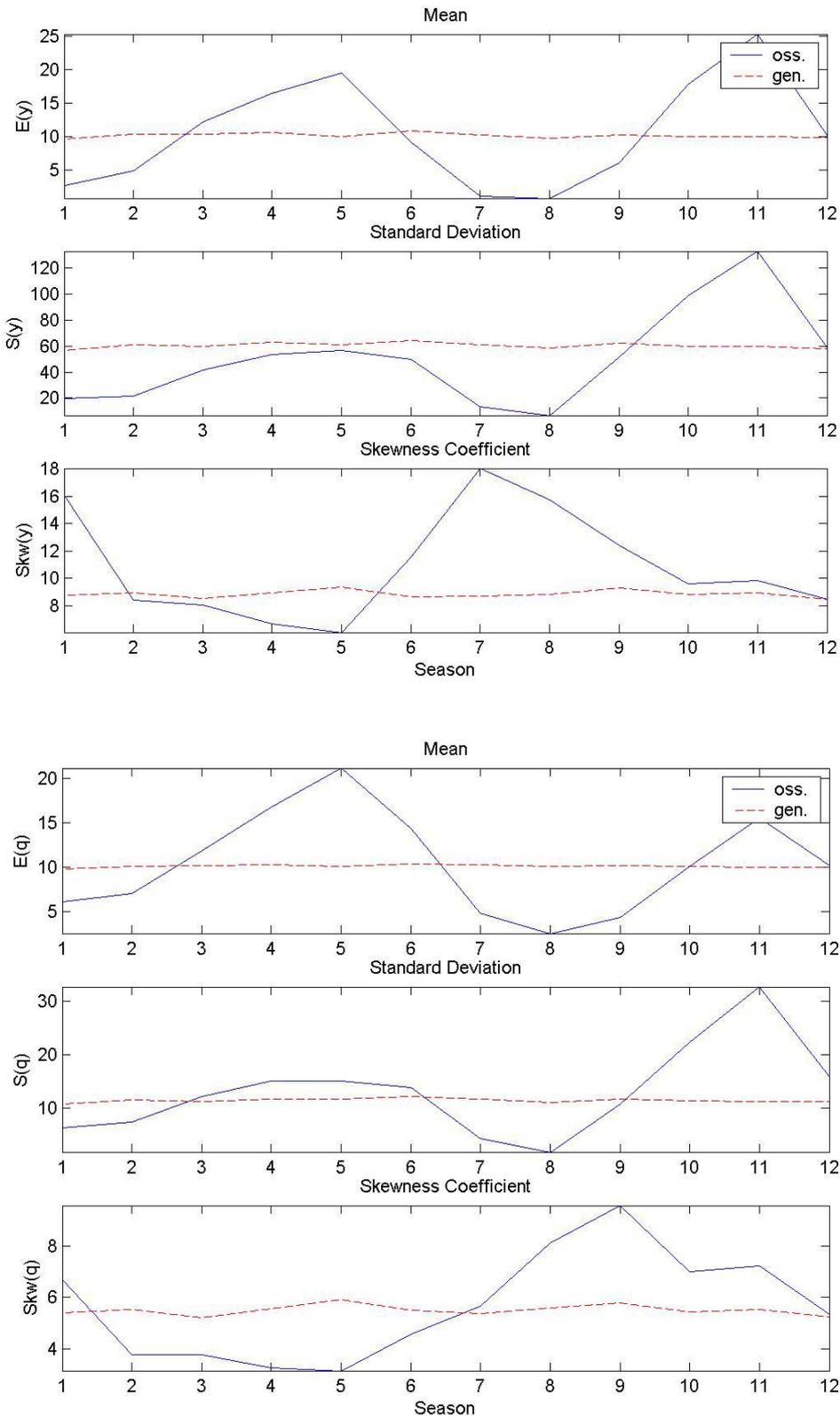
Parametri α e λ stimati su stagioni annuali ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".



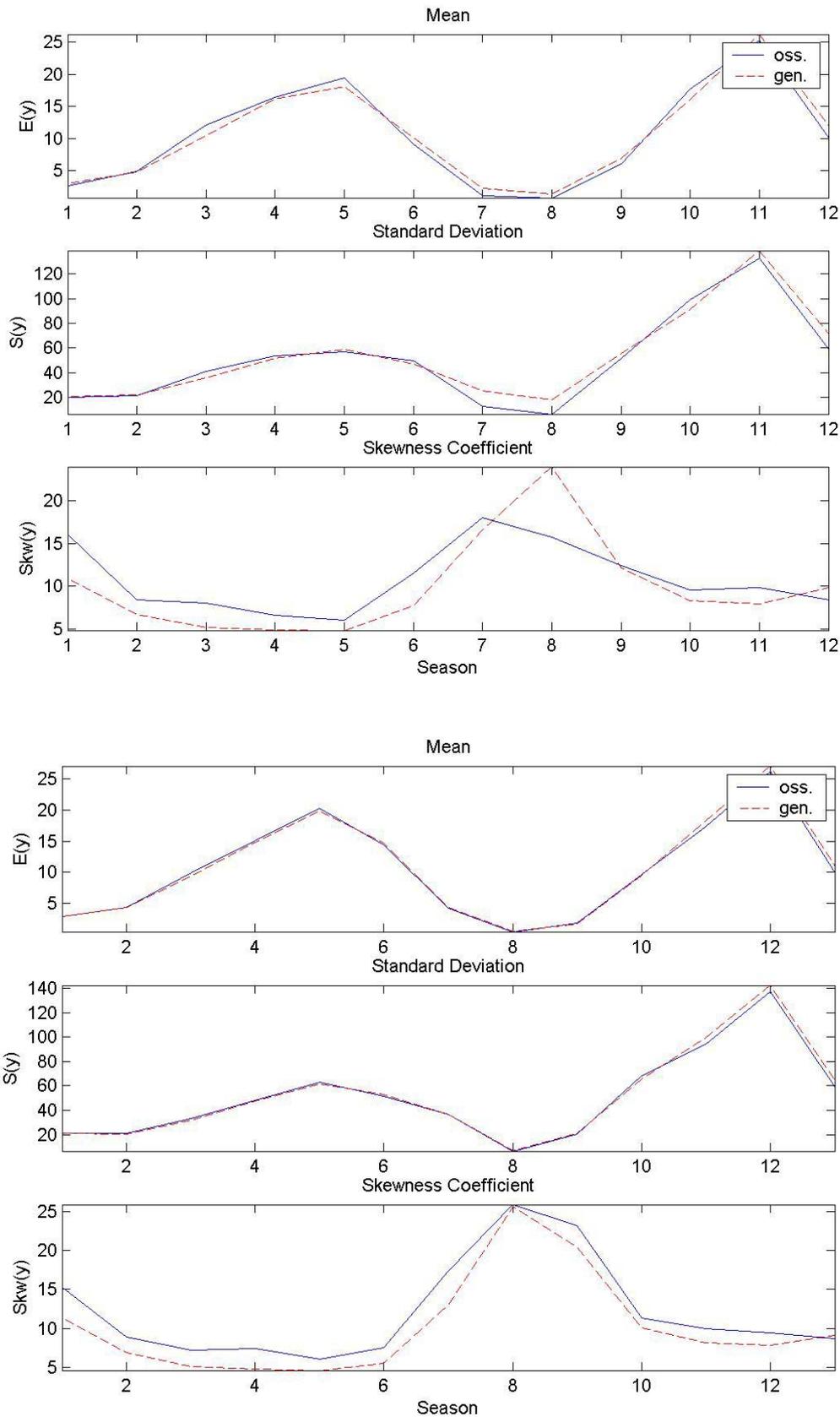
Parametri α e λ stimati su stagioni di 28 giorni ricavate dalla serie finale dell'input Shot Noise ottenuta nella configurazione con pioggia iniziale "fpot".

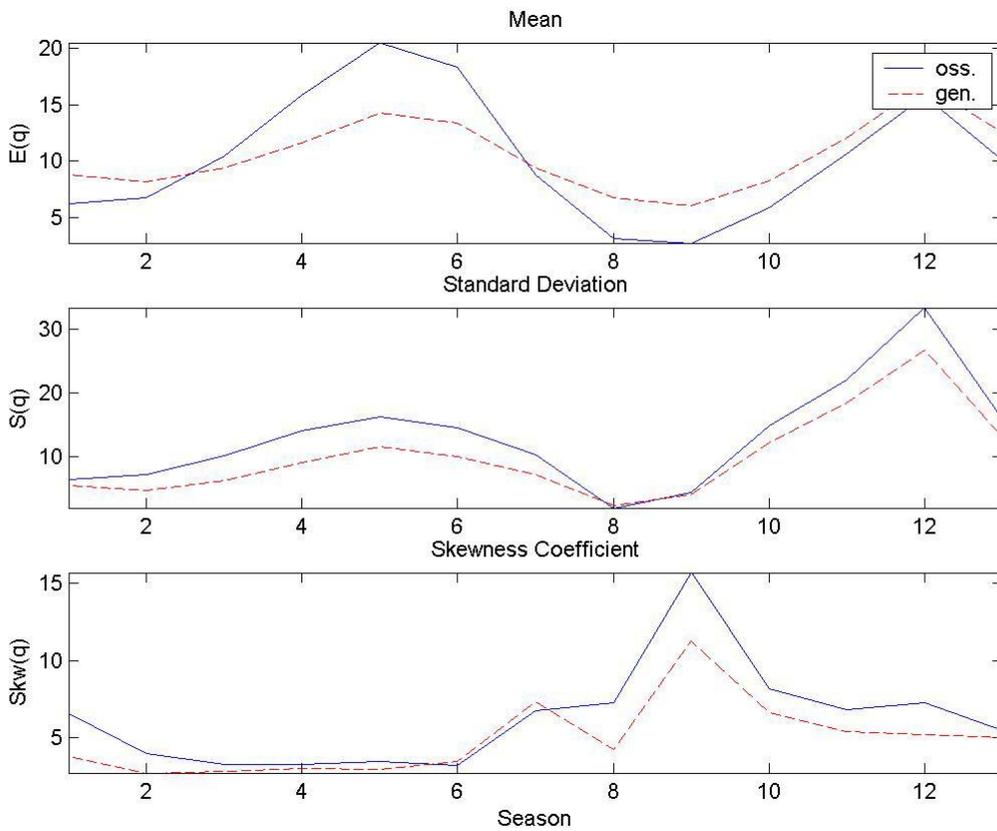
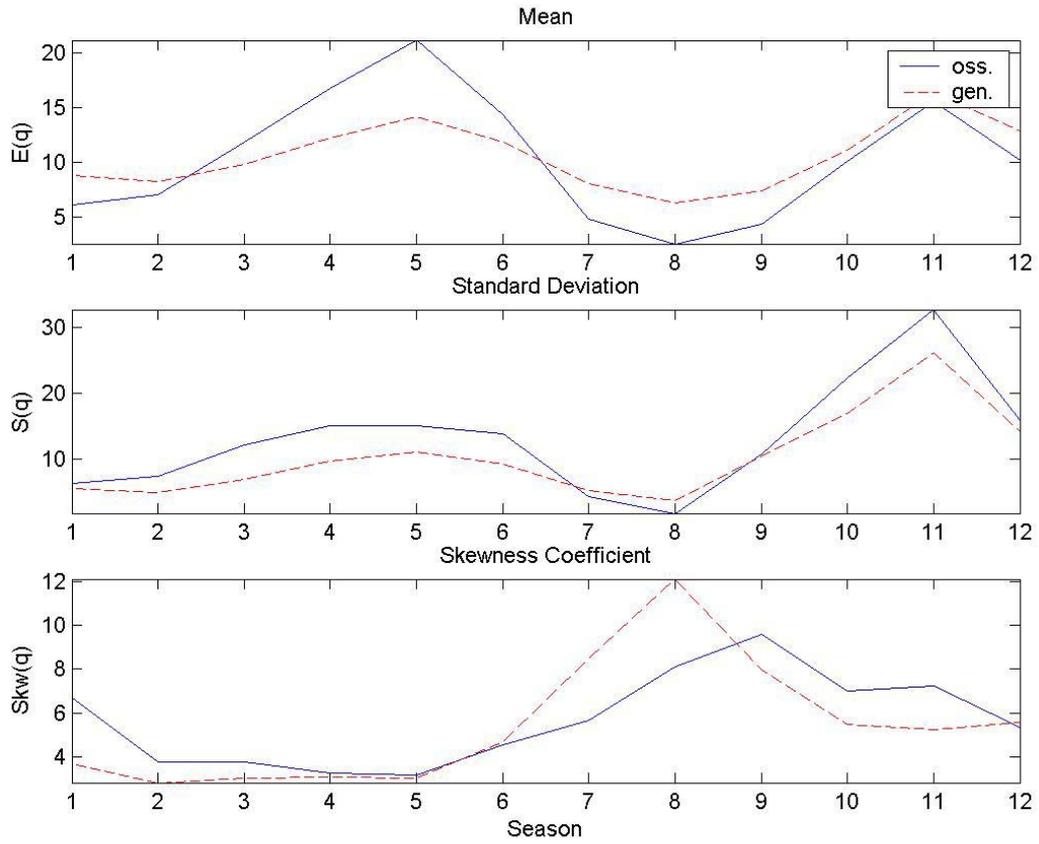
- Statistiche a confronto delle serie osservate e generate

Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.

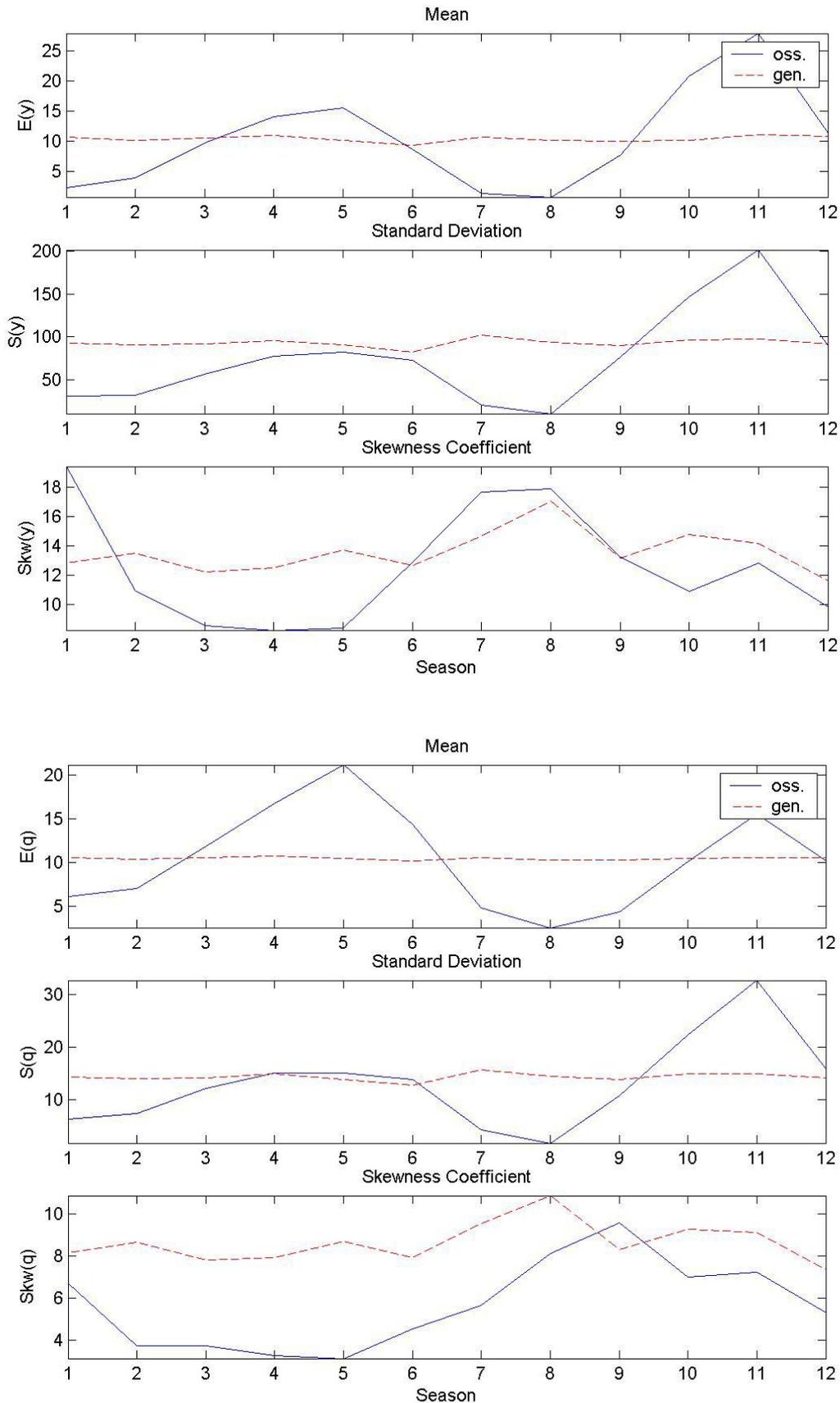


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.

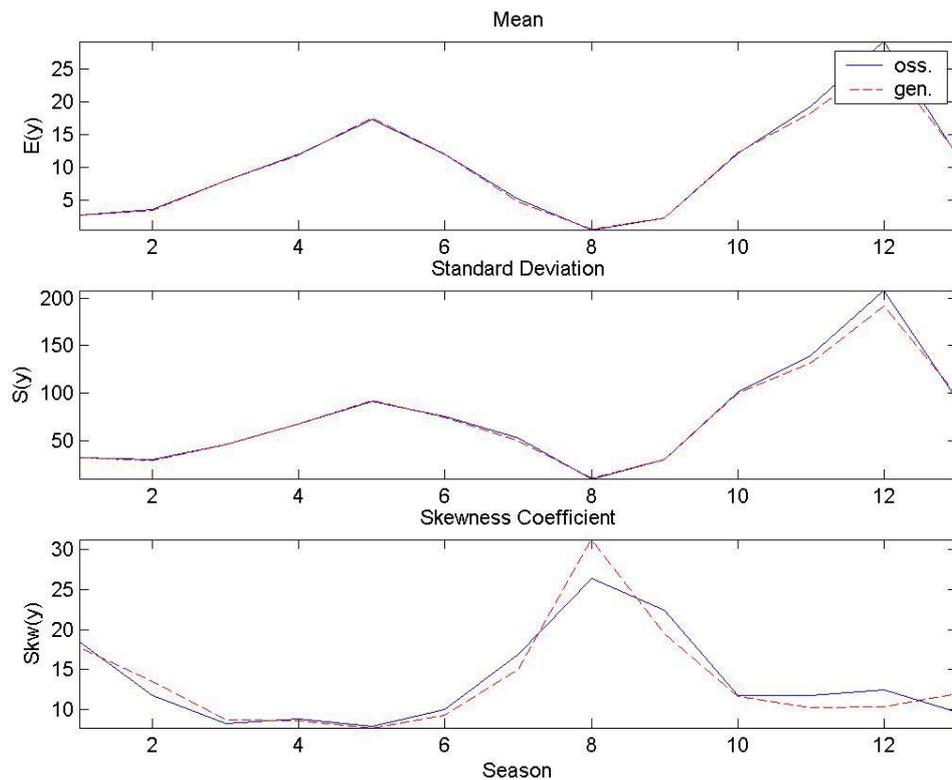
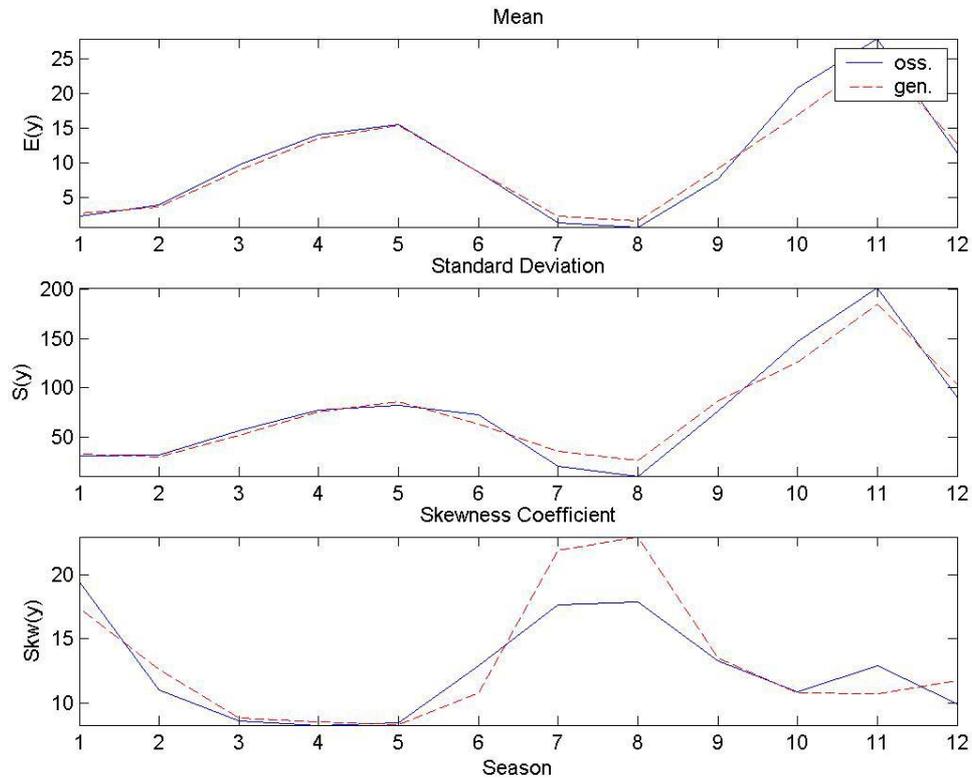


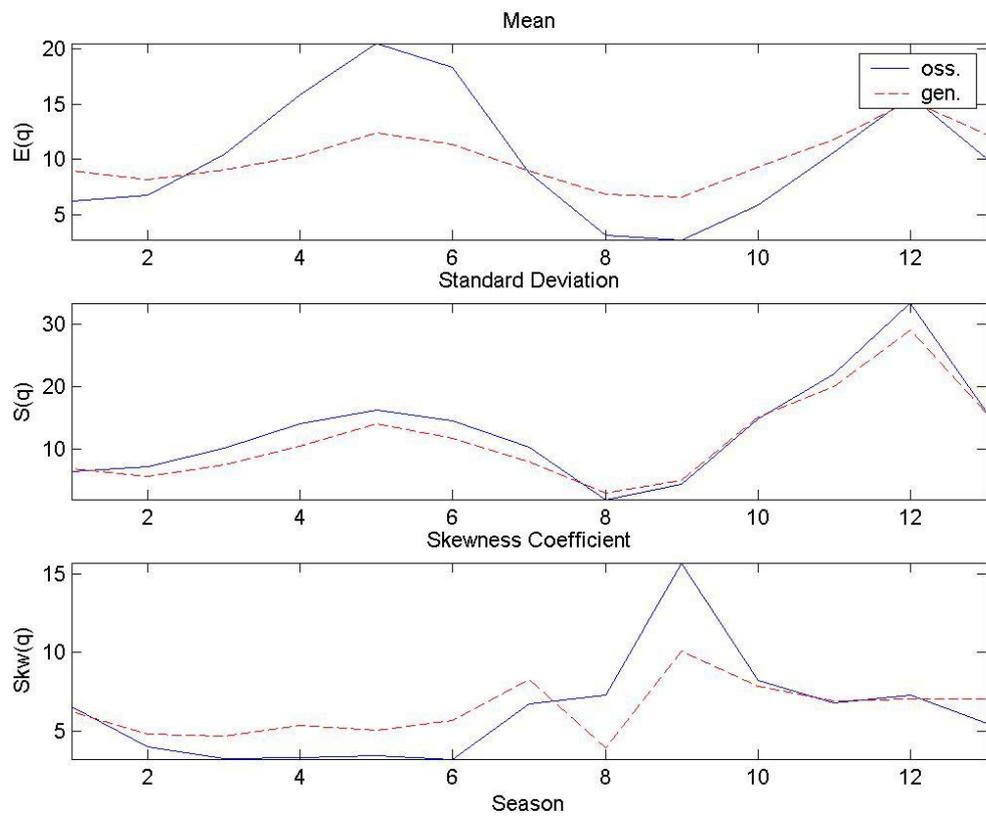
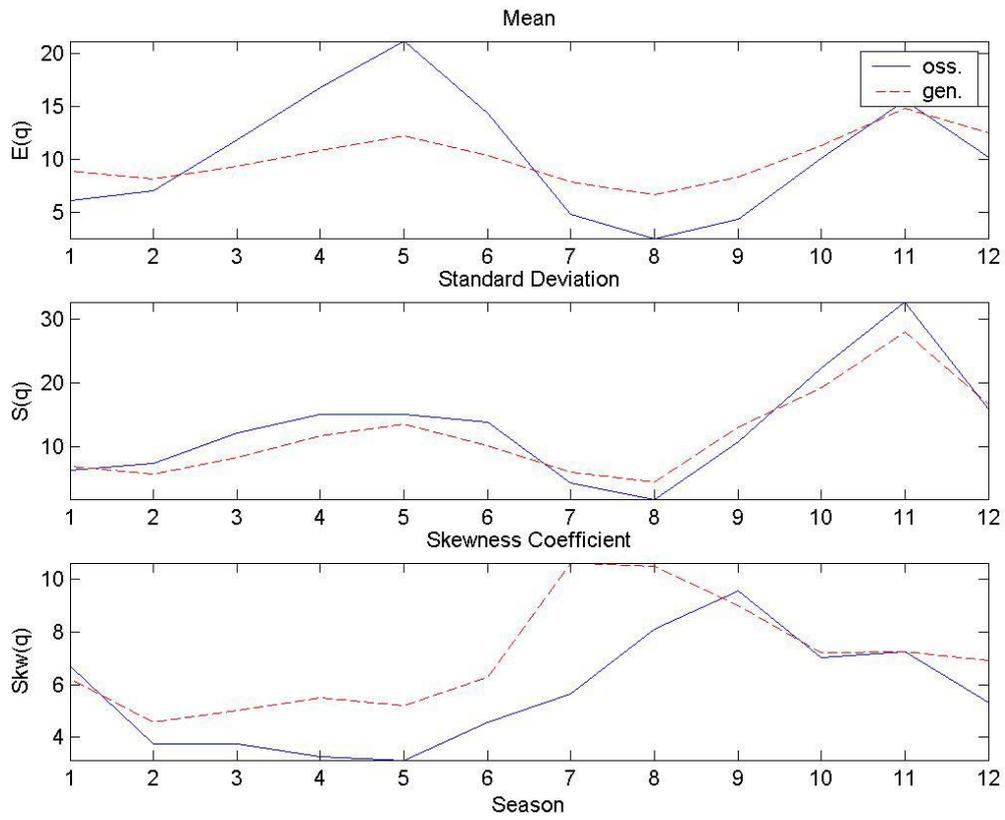


Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione.



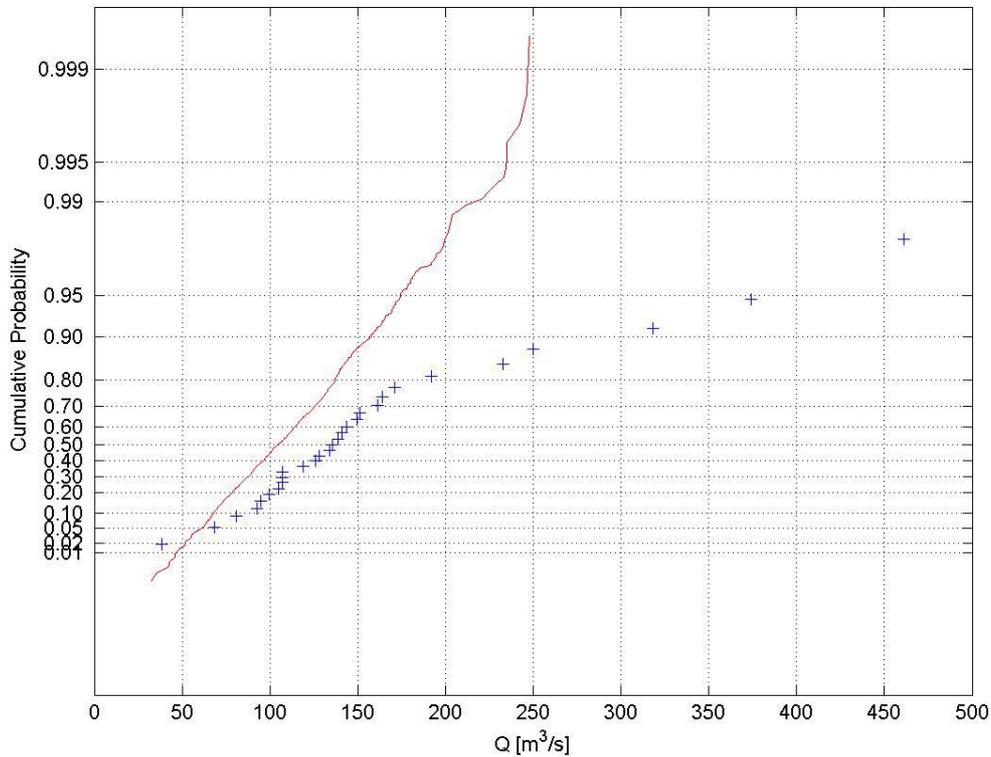
Statistiche della serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". Analogamente per la serie dei deflussi q ottenuti per convoluzione. Statistiche sia mensili sia relative alle stagioni utilizzate in fase di stima.



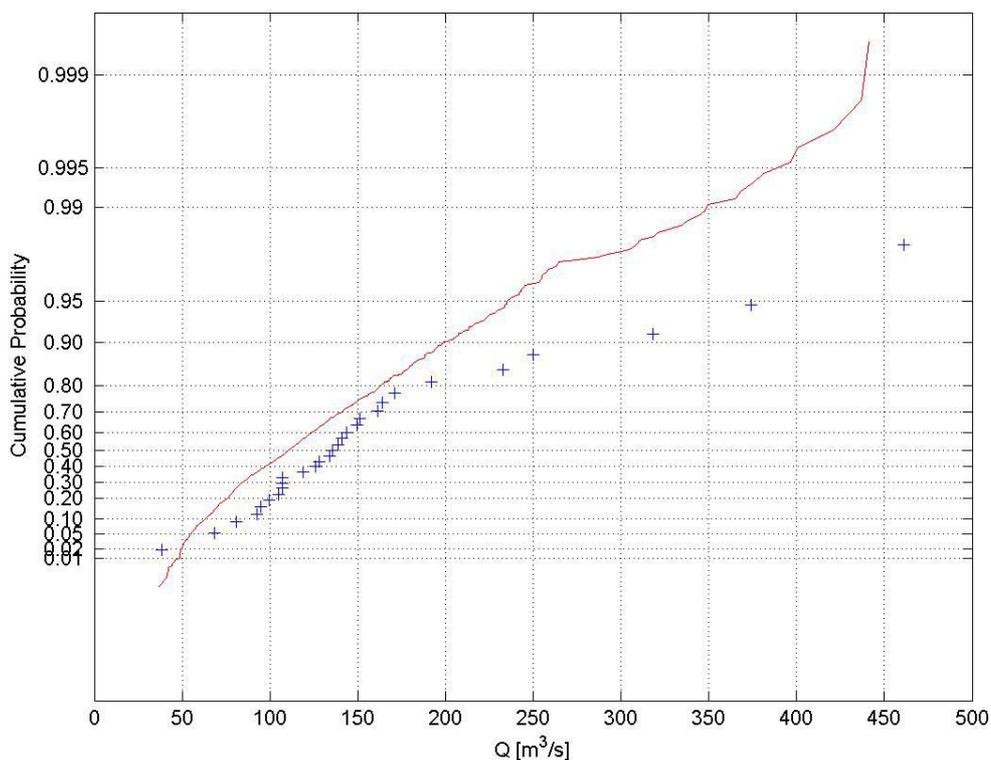


- Serie dei massimi annui su carta probabilistica di Gumbel

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)

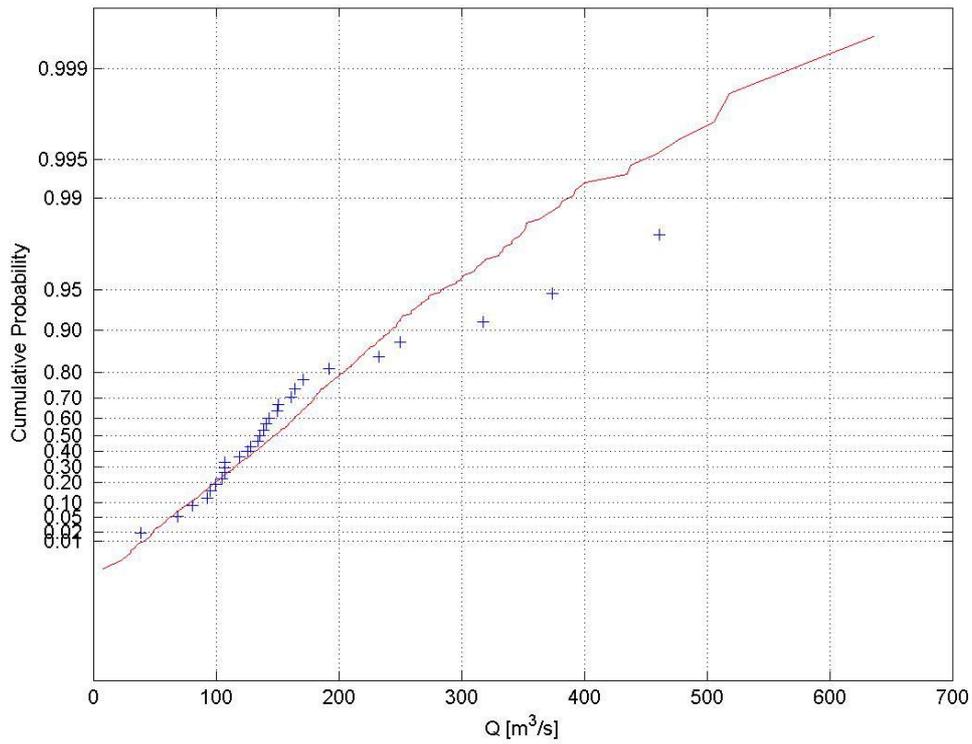


Caso annuale

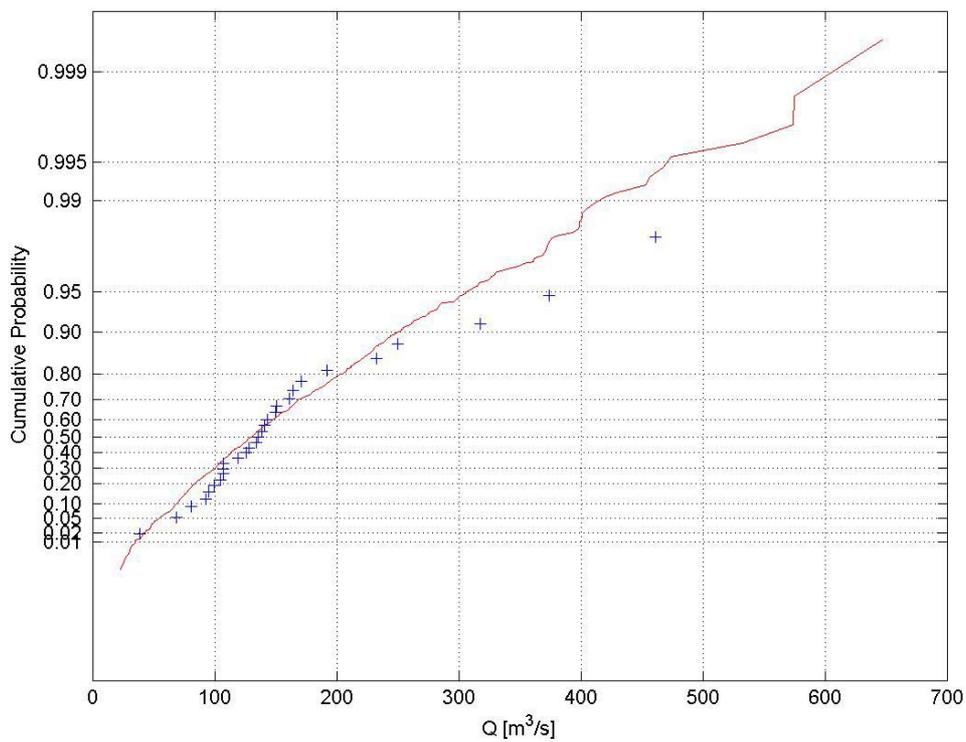


Caso stagionale

Le entità dei massimi sono estrapolate dalla serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate generate)



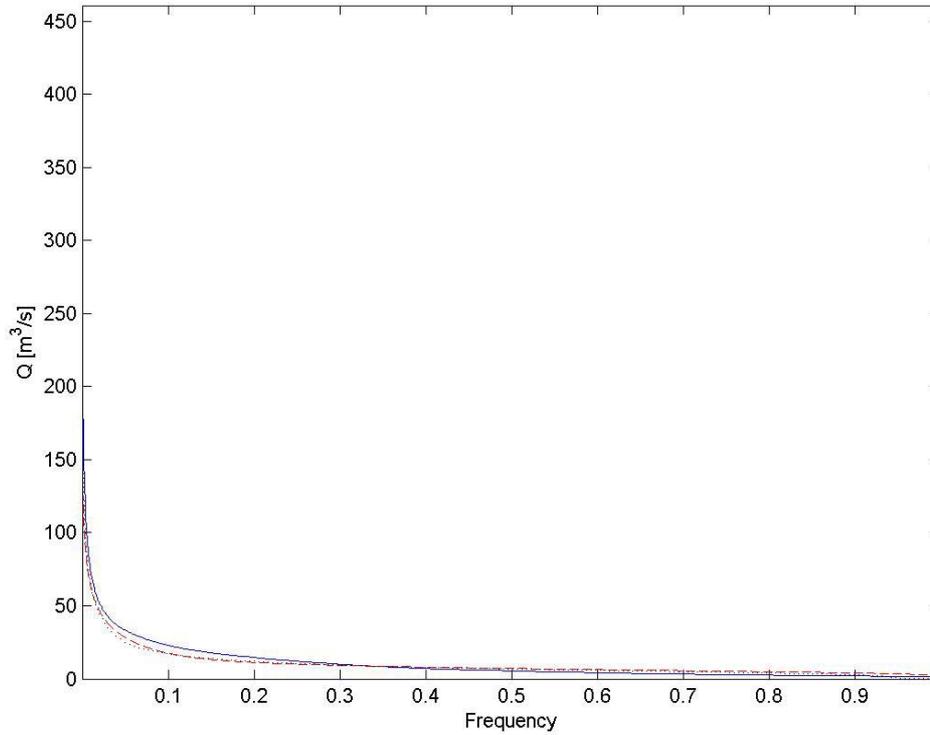
Caso annuale



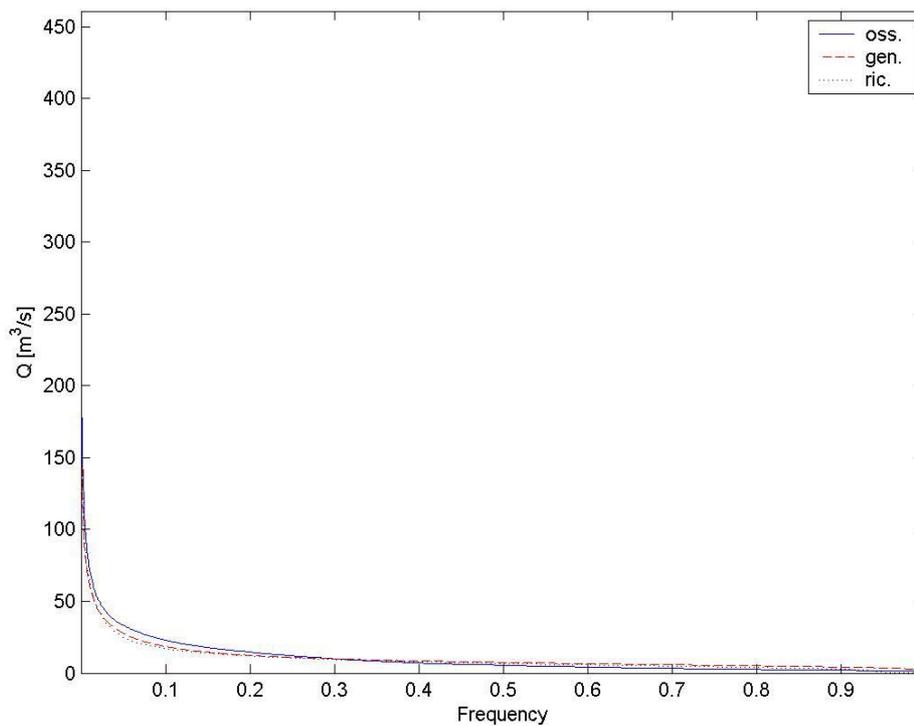
Caso stagionale

- Curva di durata delle portate

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate e puntinata per le ricostruite)

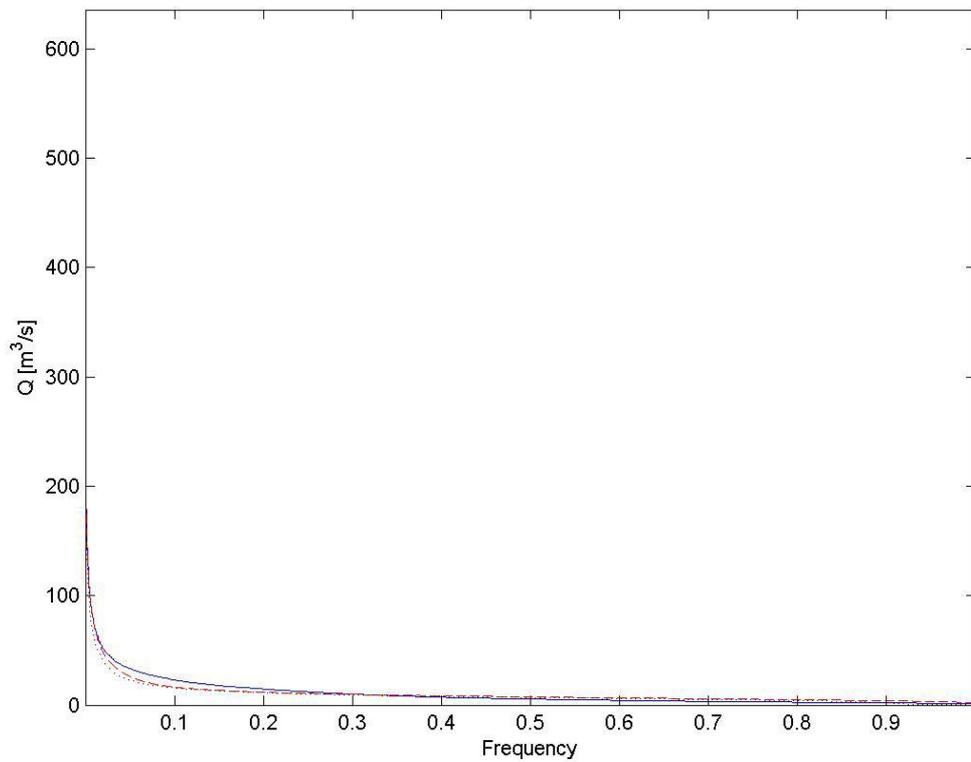


Caso annuale

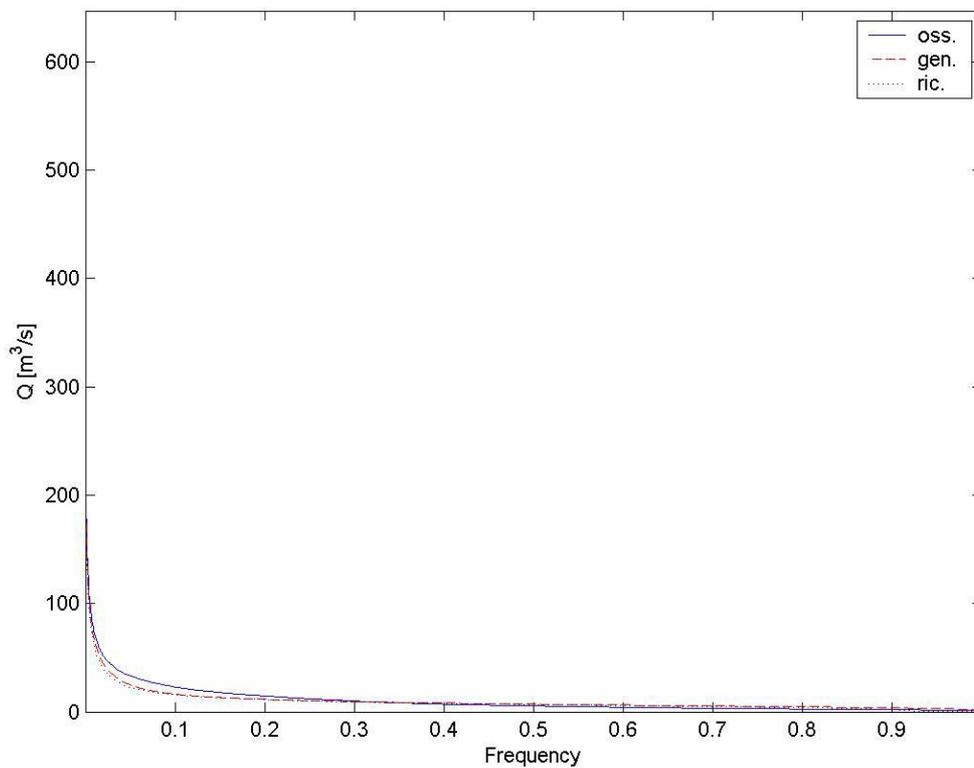


Caso stagionale

Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot".

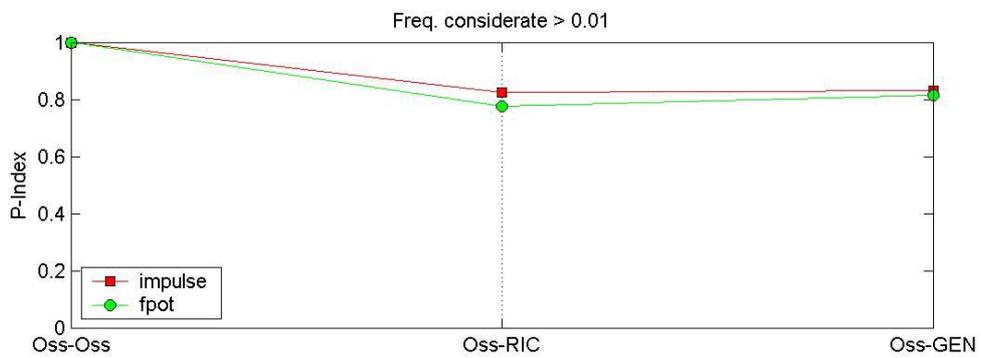
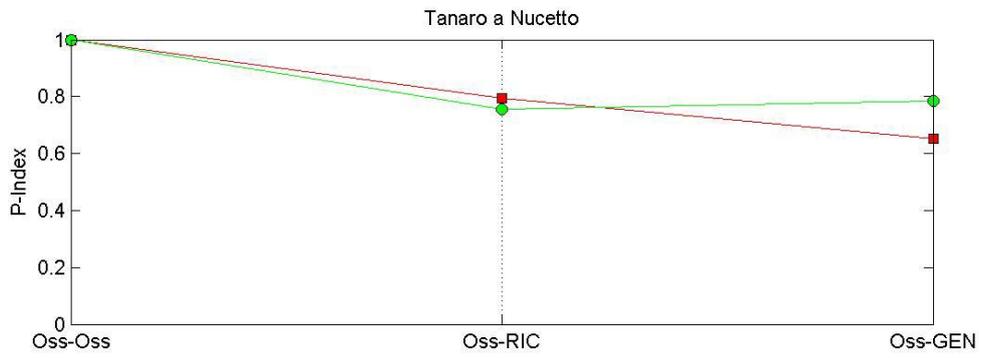


Caso annuale

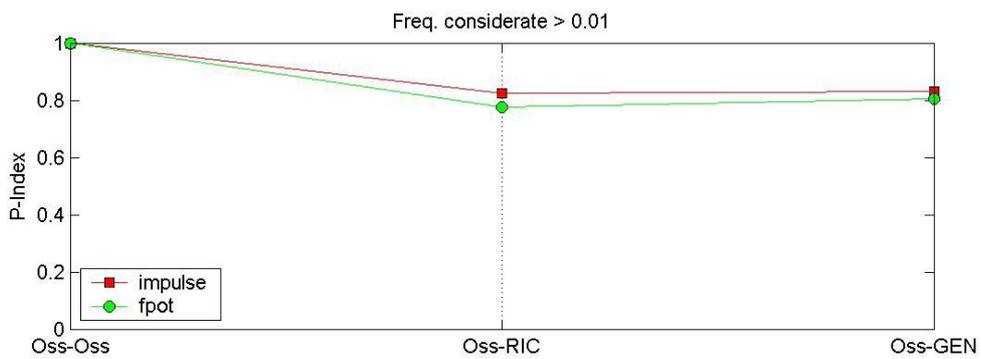
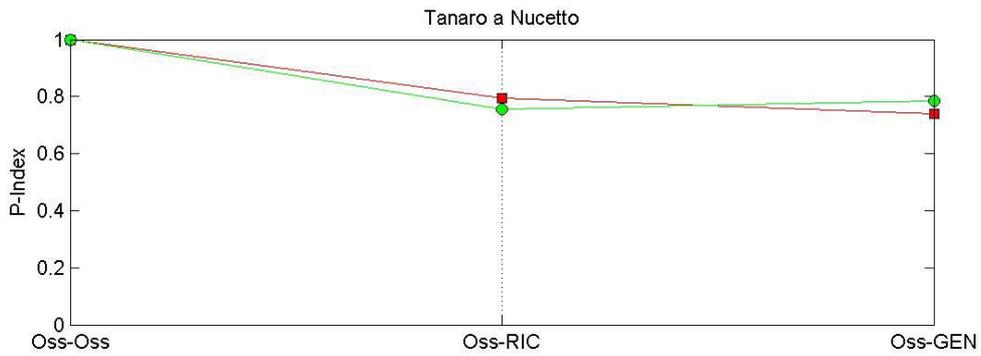


Caso stagionale

- Performance Index P_{INDEX}

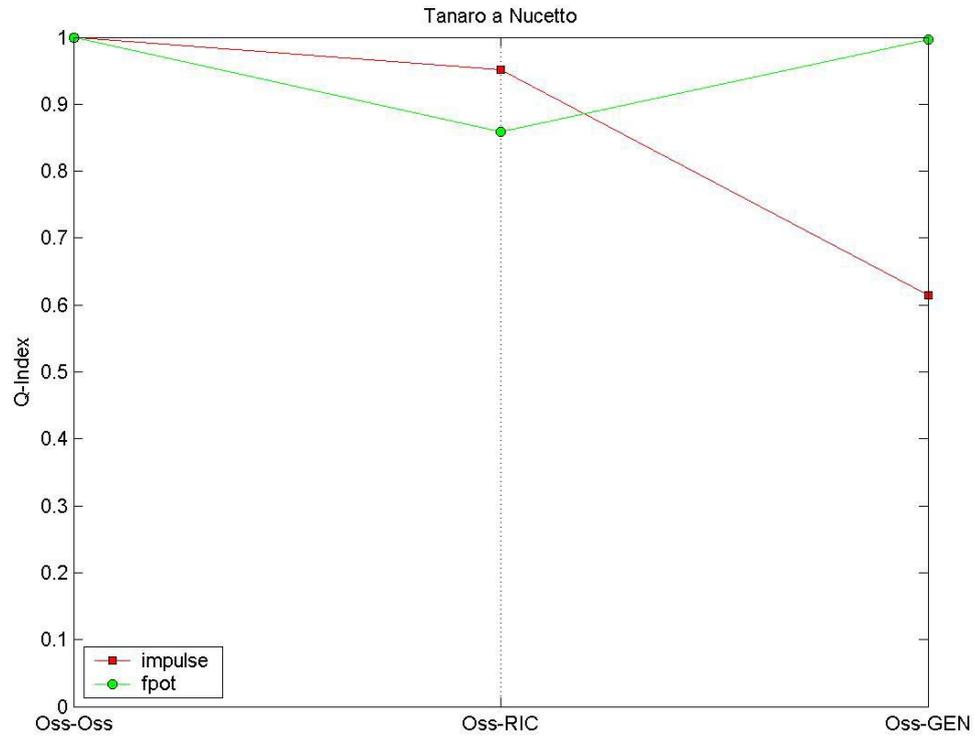


Caso annuale

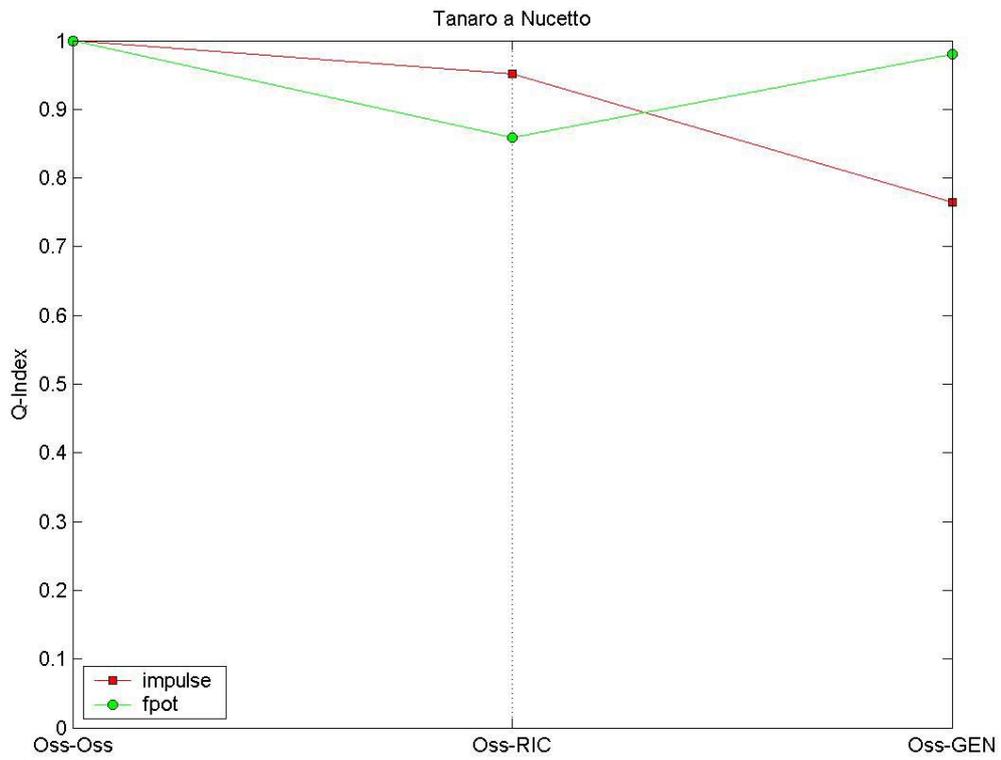


Caso stagionale

- Indice dei massimi annui Q_{INDEX}



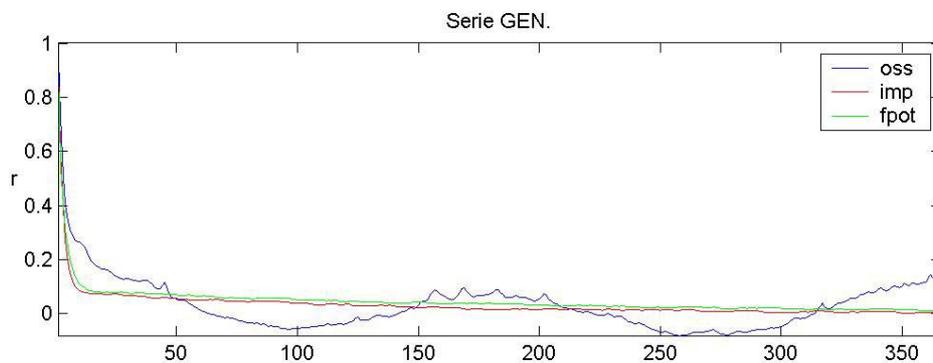
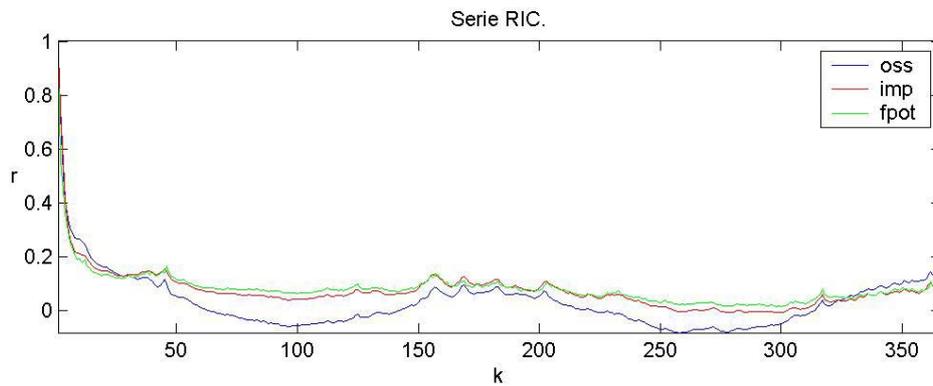
Caso annuale



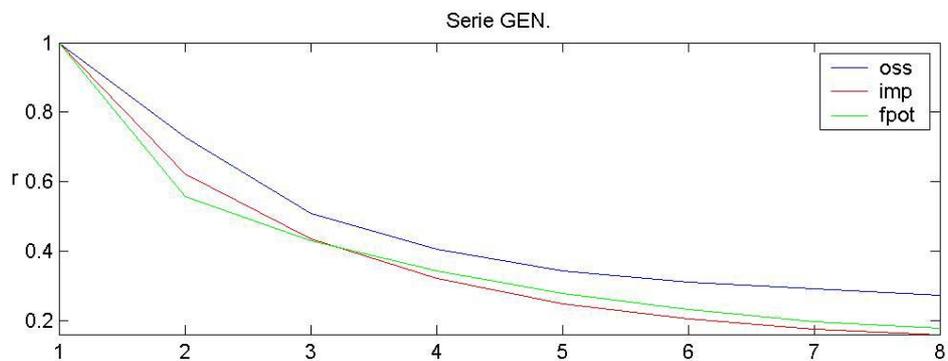
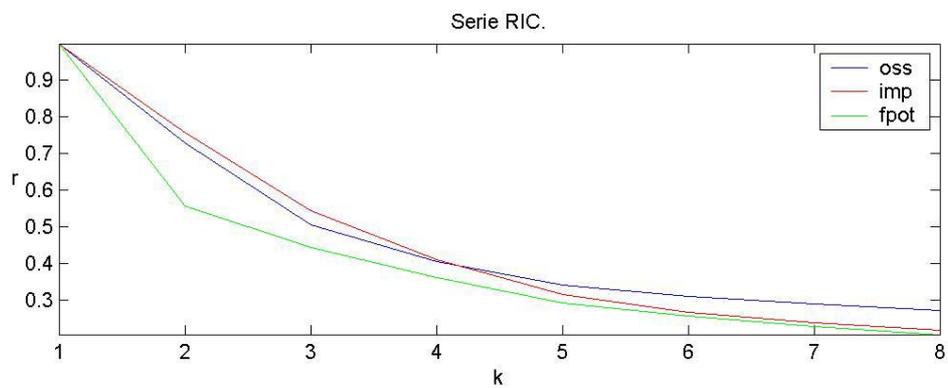
Caso stagionale

- Autocorrelazioni

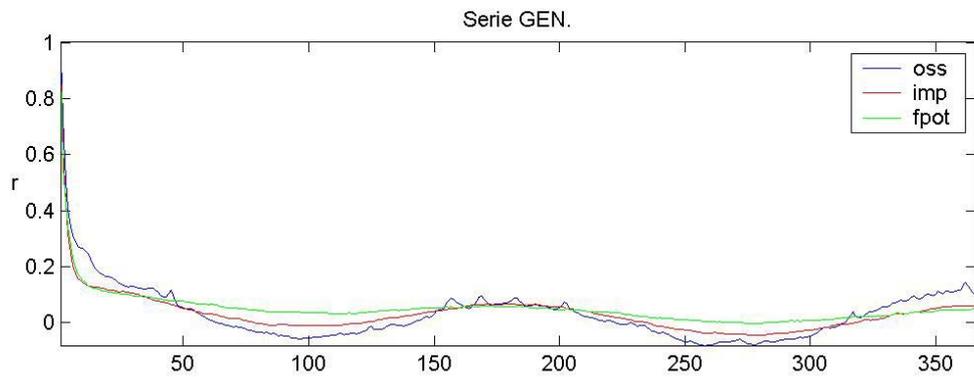
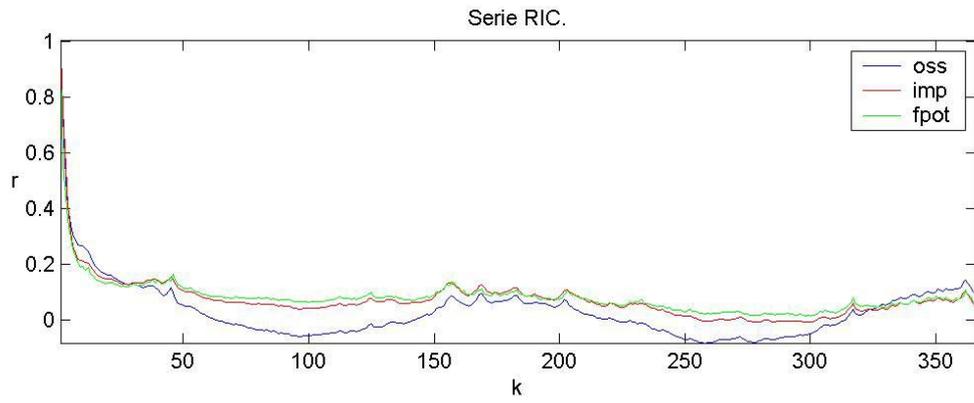
Curve di autocorrelazione dei deflussi valutate per k pari a 365 e 7 giorni. I deflussi sono calcolati a partire dai due tipi di input, quello relativo a parametri annuali e quello generato con parametri stagionali di 28 giorni.



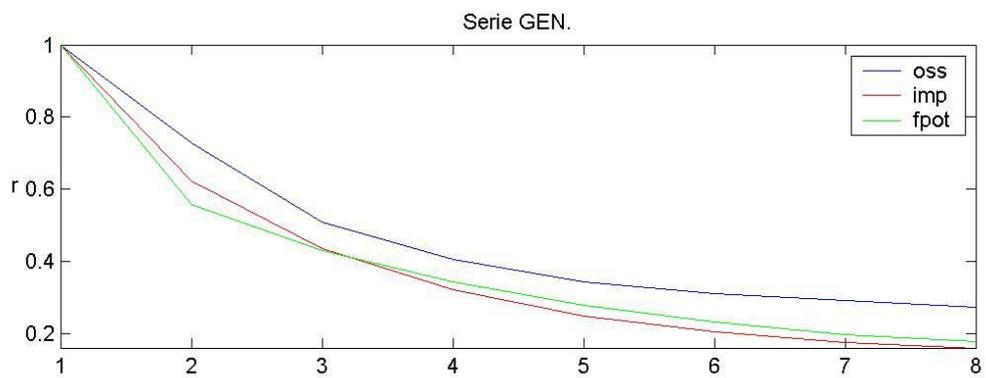
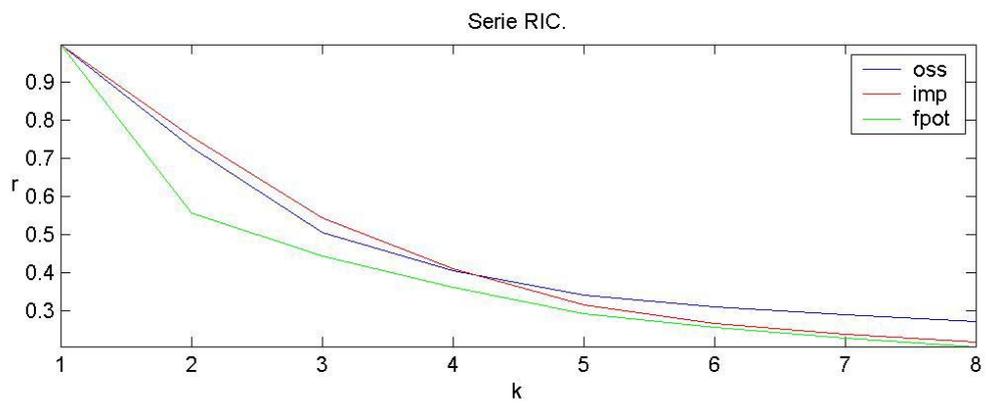
Caso annuale, $k = 365$ gg



Caso annuale, $k = 7$ gg



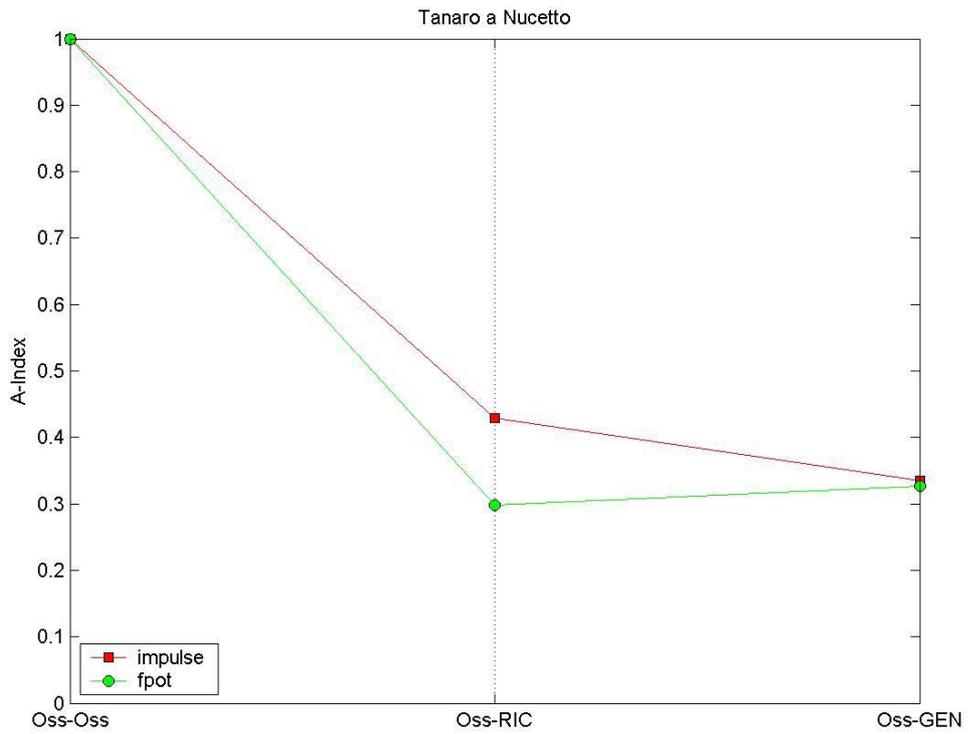
Caso stagionale, k = 365 gg



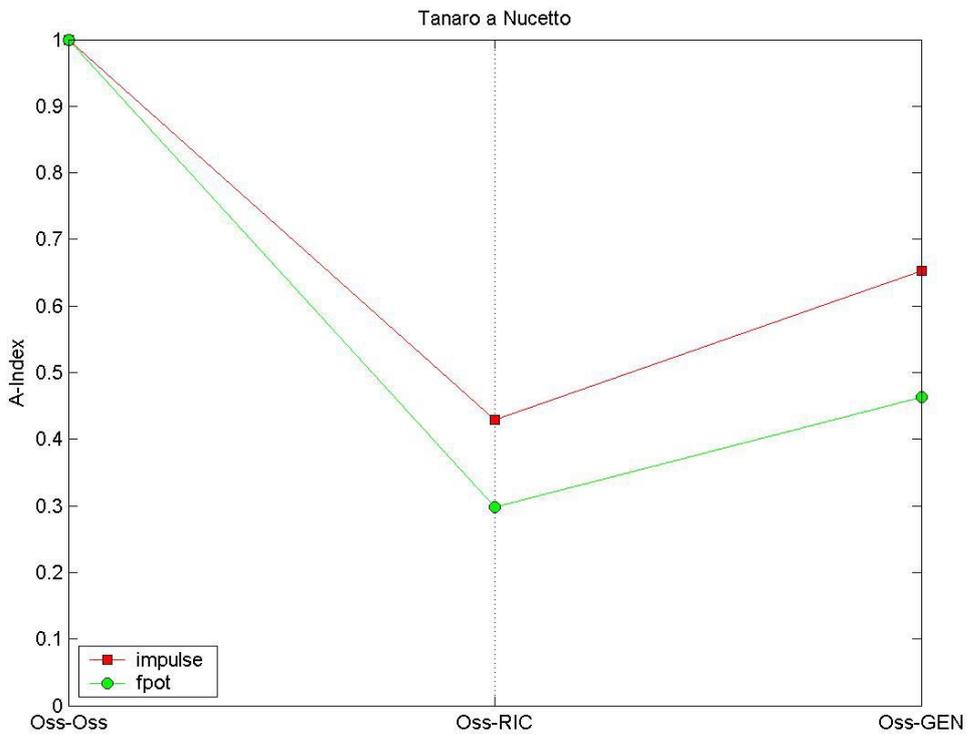
Caso stagionale, k = 7 gg

- A_{INDEX} (Indice delle autocorrelazioni)

E' relativo alle serie delle autocorrelazioni dei deflussi con lag di 365 giorni.



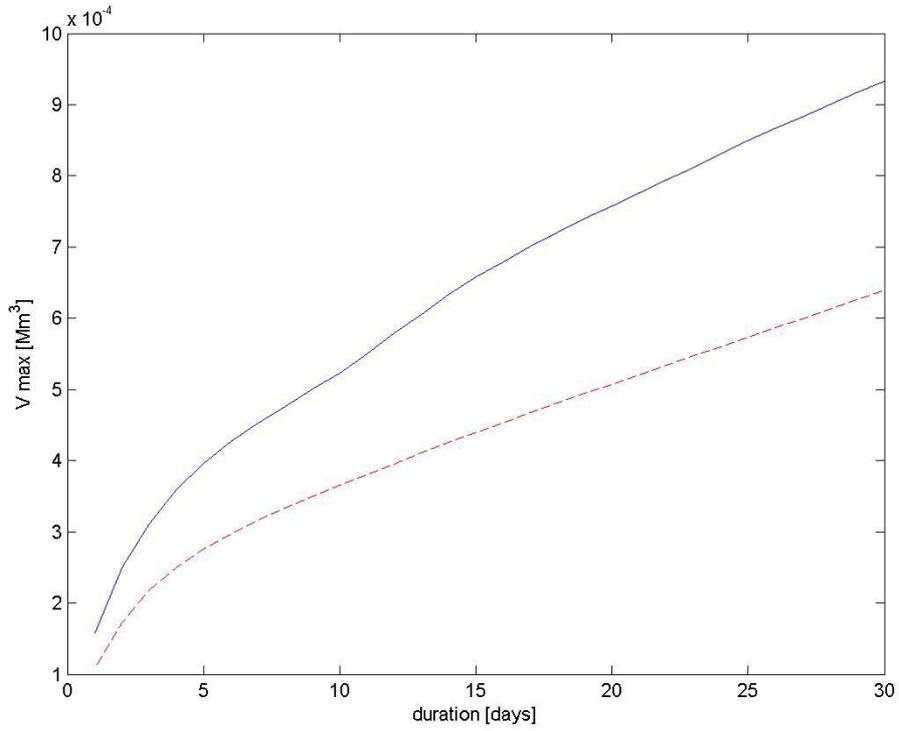
Caso annuale



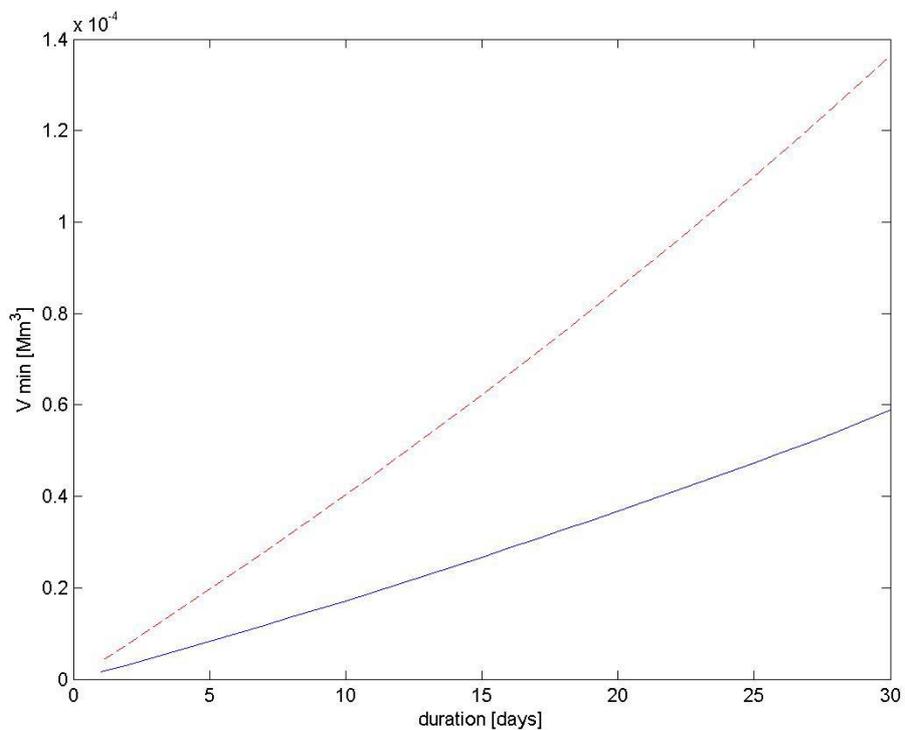
Caso stagionale

- Curve dei volumi massimi (minimi) medi annui

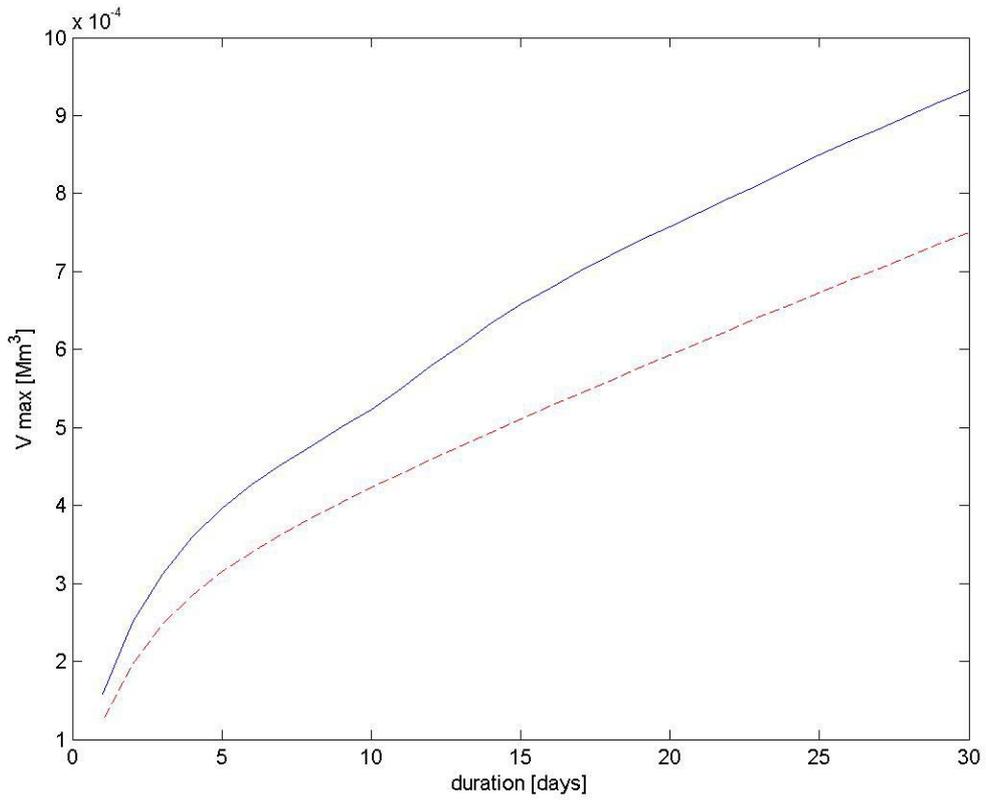
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "impulse". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



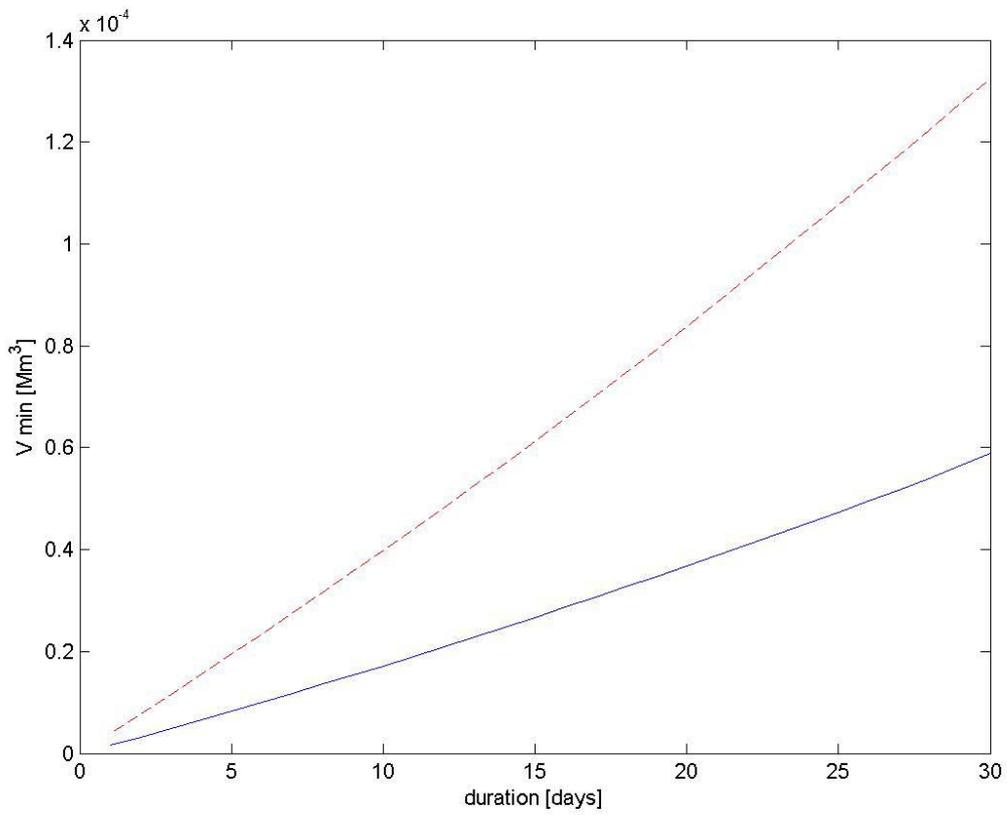
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale

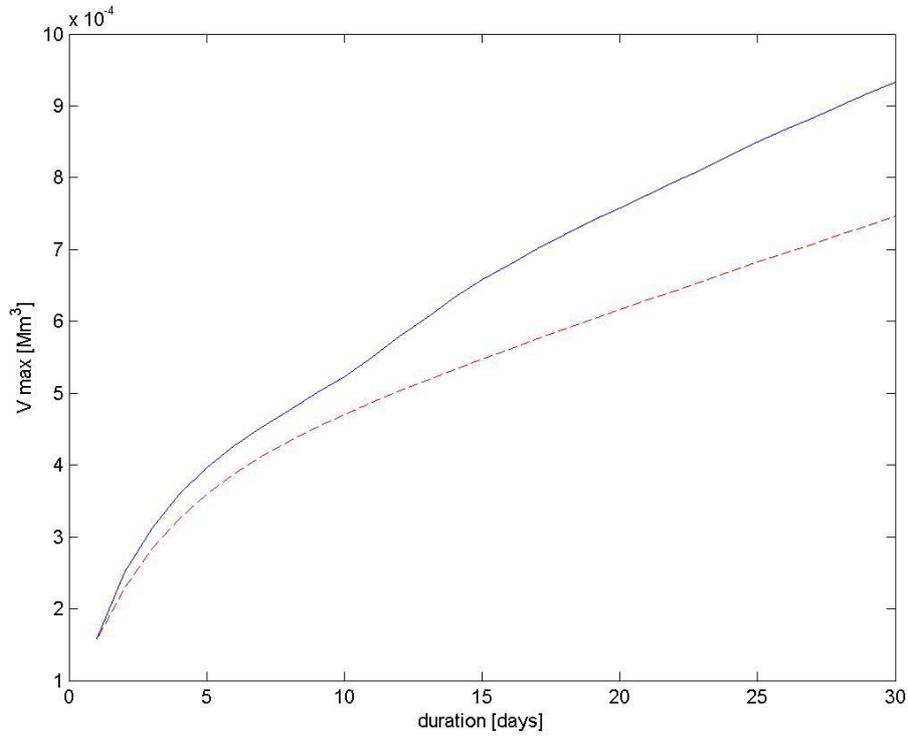


Serie dei V_{MAX}, caso stagionale

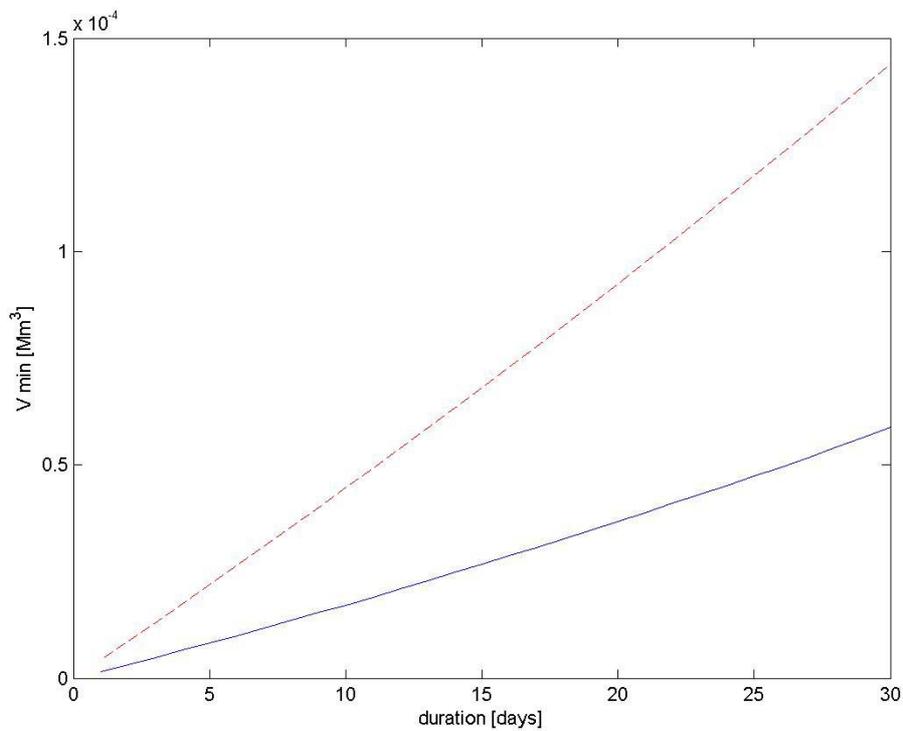


Serie dei V_{MIN}, caso stagionale

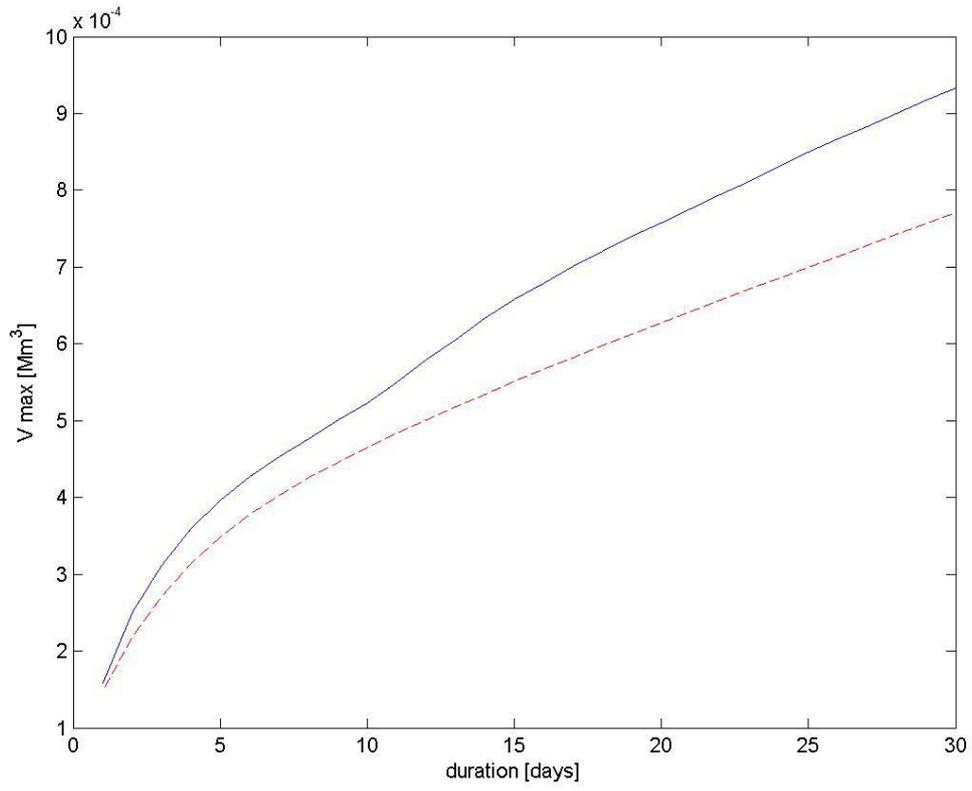
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di da 1 a 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni stimati sulla serie finale delle piogge in uscita dal modello Shot Noise, quest'ultimo nella configurazione "fpot". (In linea continua la curva relativa alle portate osservate, tratteggiata per le generate)



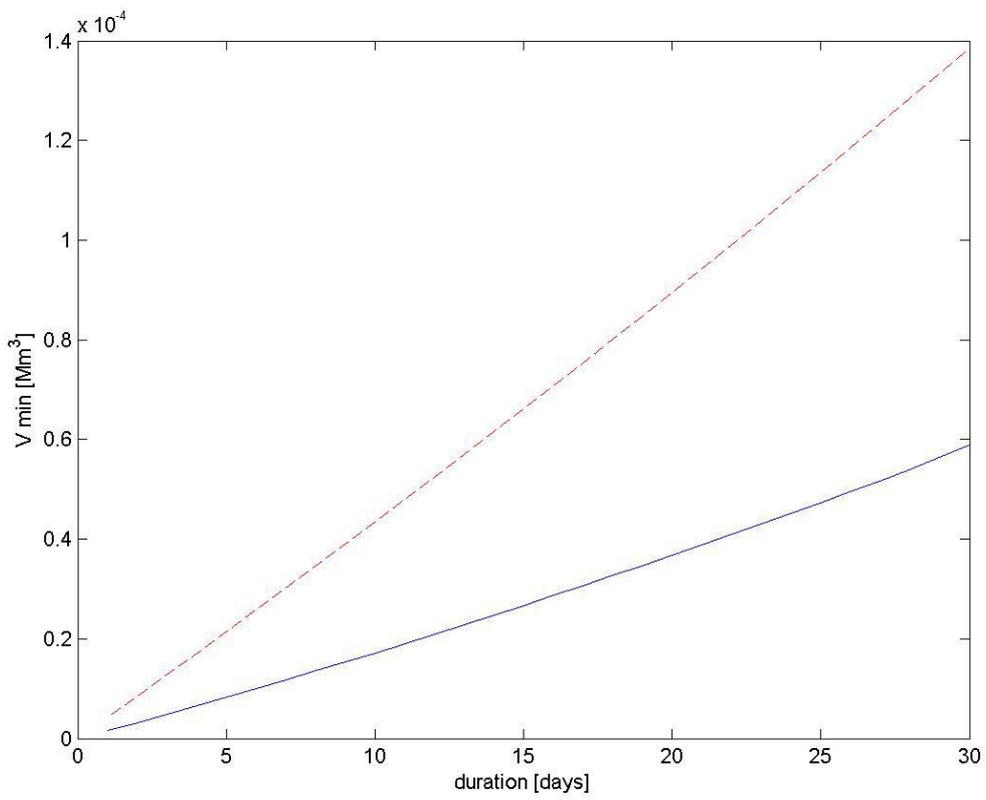
Serie dei V_{MAX} , caso annuale



Serie dei V_{MIN} , caso annuale



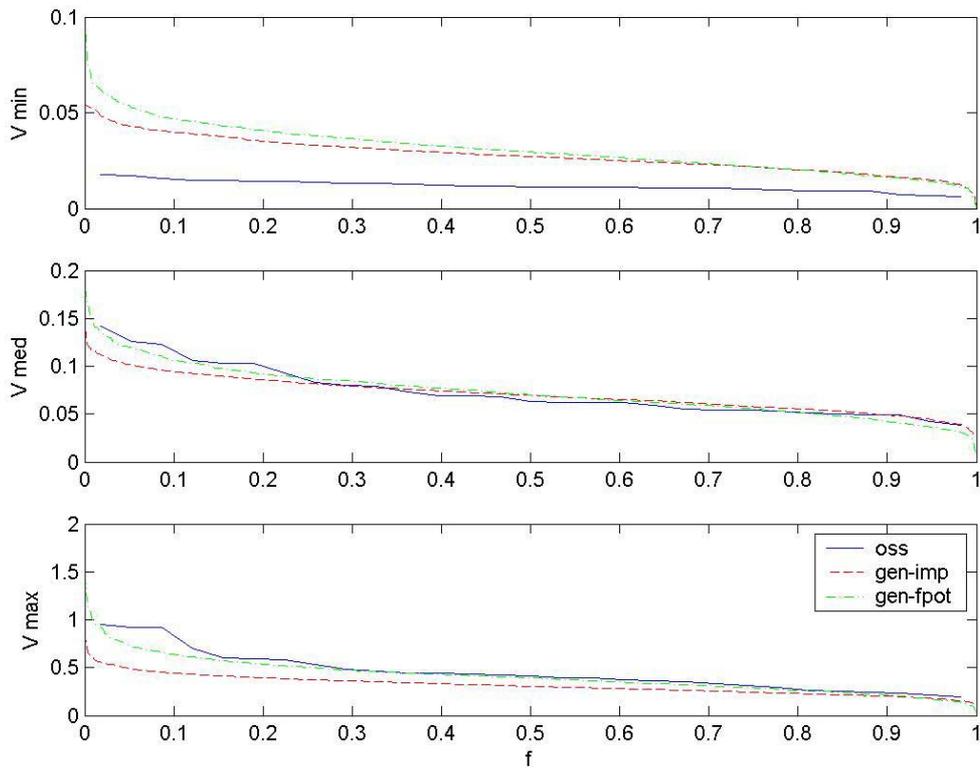
Serie dei V_{MAX} , caso stagionale



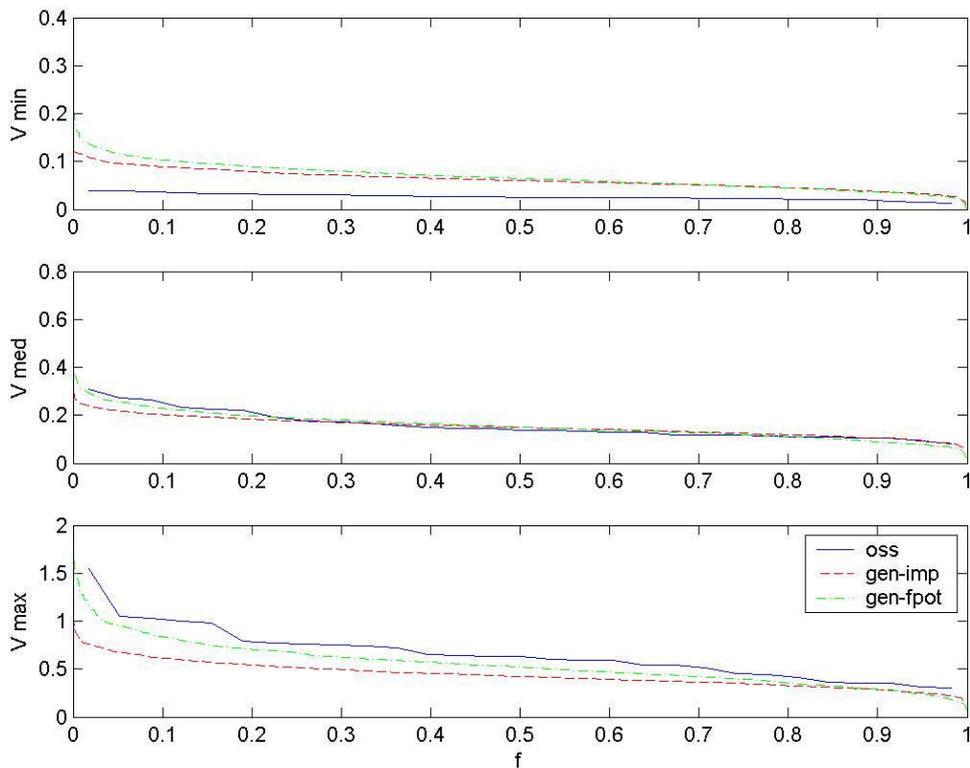
Serie dei V_{MIN} , caso stagionale

- Curve di frequenza dei volumi

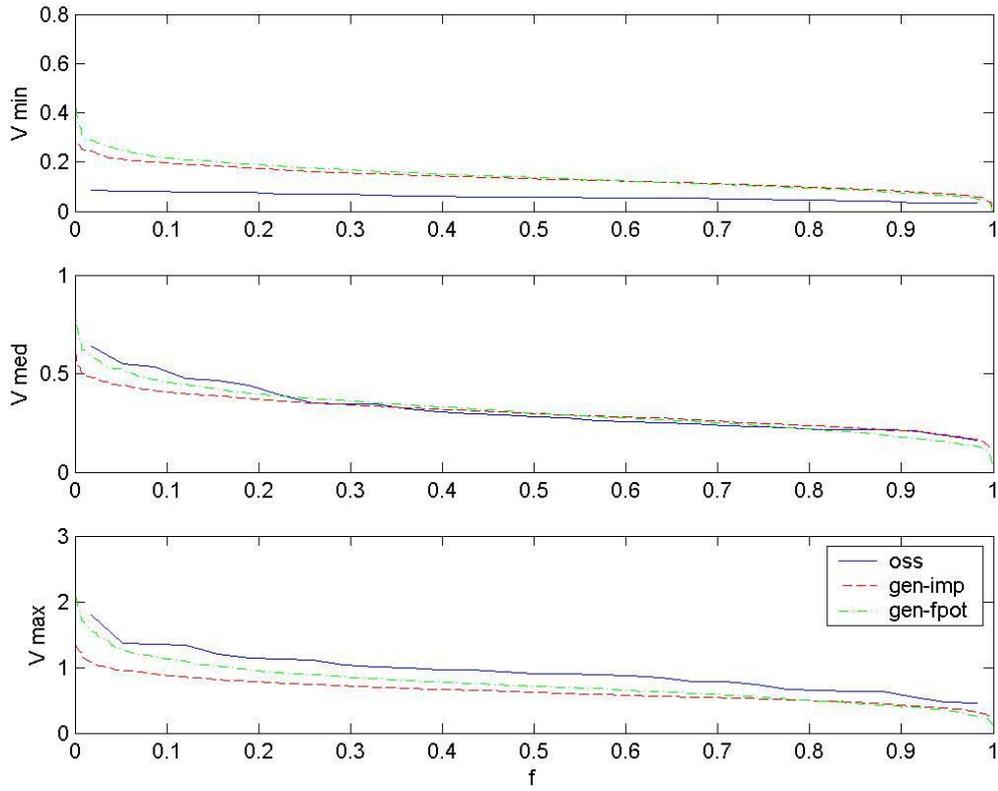
Curve ottenute per integrazione delle serie delle portate con finestre temporali di 7, 15 e 30 giorni. Portate ricavate per convoluzione con la serie sintetica di 1000 anni dell'input y generato con parametri annuali e stagionali di 28 giorni.



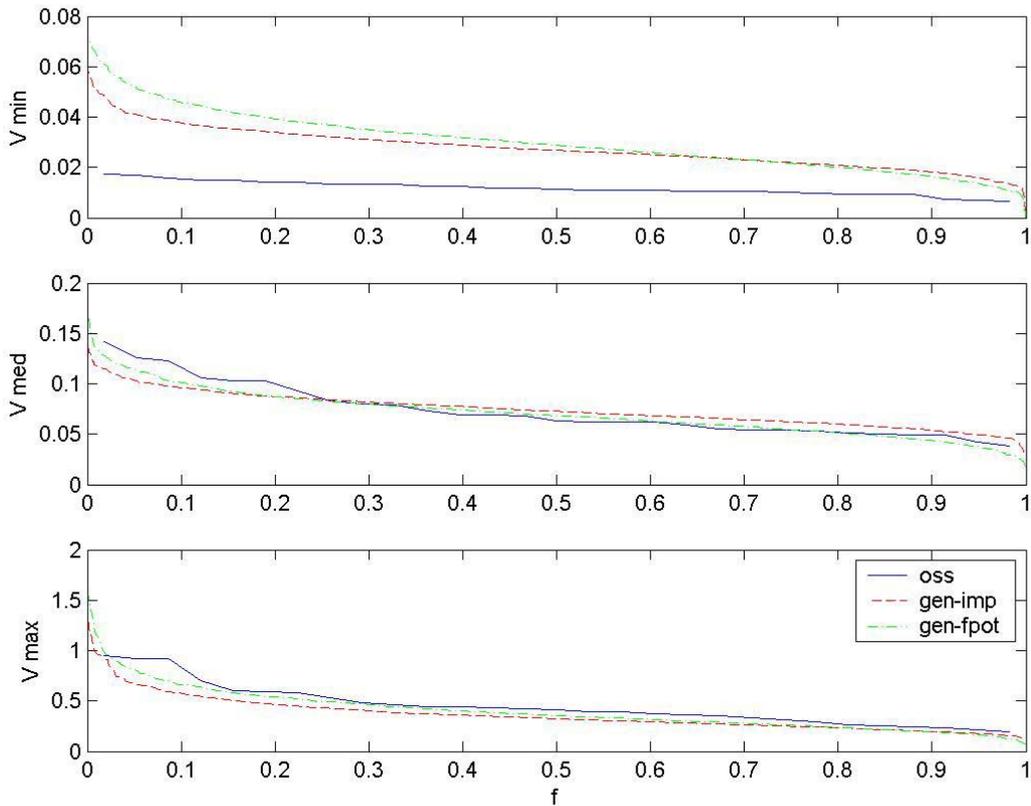
Caso annuale, finestra di integrazione di 7 giorni



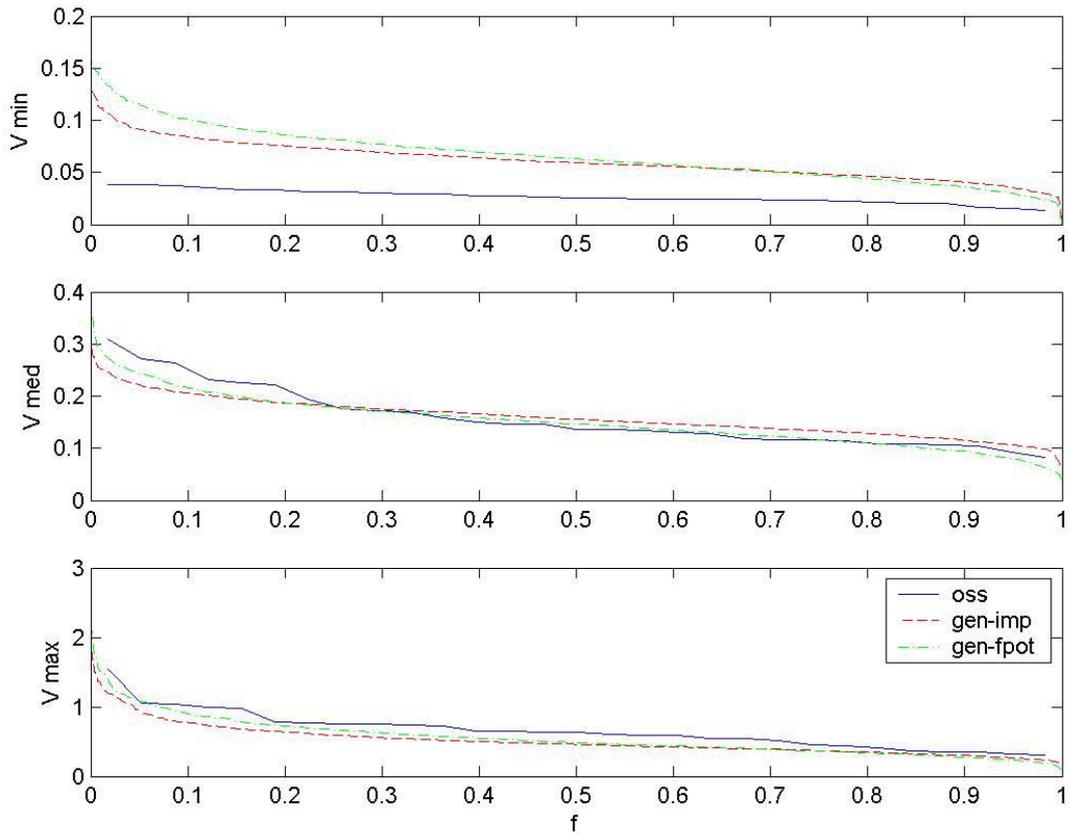
Caso annuale, finestra di integrazione di 15 giorni



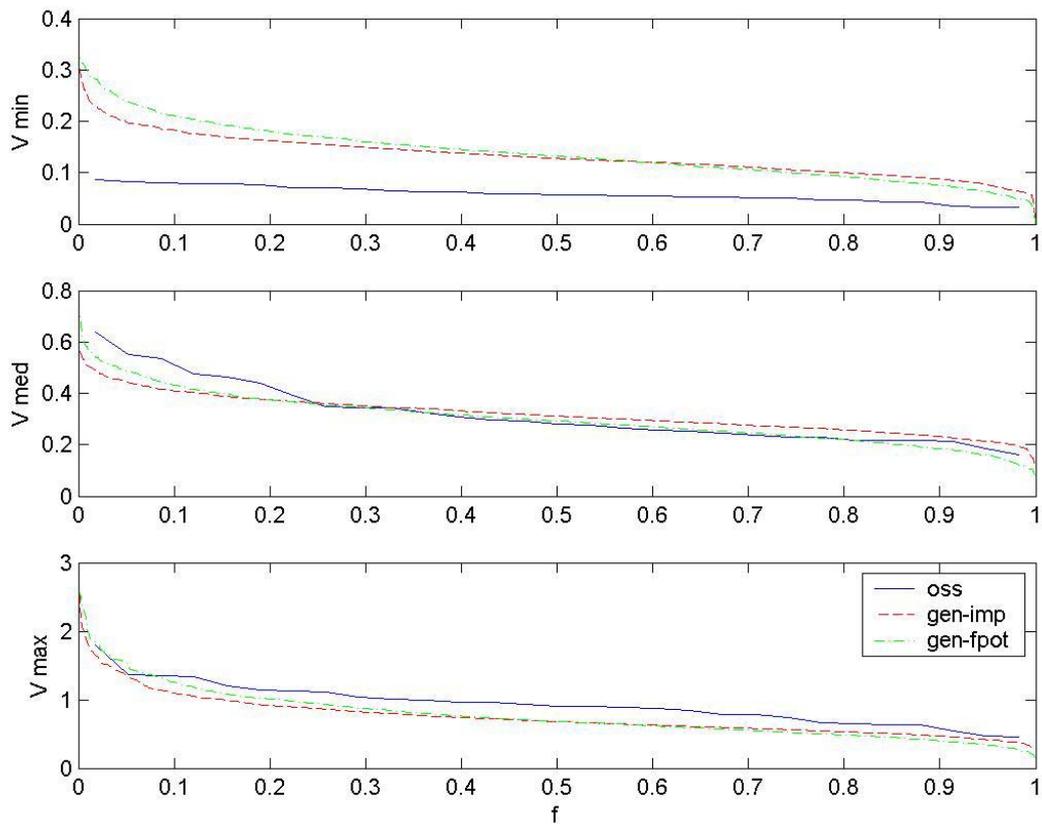
Caso annuale, finestra di integrazione di 30 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 7 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 15 giorni



Caso stagionale, finestra di integrazione di 30 giorni

Appendice C

Applicazione “tipo” del pacchetto “Simulinput”

Si affronterà nel seguito un'applicazione completa del protocollo *simulinput* al bacino dello Scrivia a Serravalle, con esplicito riferimento alle funzioni utilizzate.

L'intero codice numerico è stato sviluppato in ambiente MatLab; non si certifica la piena compatibilità dei programmi realizzati con versioni differenti del prodotto. Inoltre si rende noto che molte delle funzioni realizzate potrebbero necessitare di modifiche, anche se non sostanziali, per casi di studio diversi da quelli analizzati nel presente lavoro.

- Serie storica delle portate osservate

L'acquisizione dei dati storici rappresenta la fase iniziale, ma non per questo meno critica, di tutto il protocollo. Oltre ad una prima verifica della presenza di valori palesemente errati, lavorando con un modello concettualmente basato la continuità delle serie dei dati giornalieri è un requisito importante e senza dubbio da perseguire, laddove sia possibile. (A. Giordano, *Tesi di Laurea, 2003*).

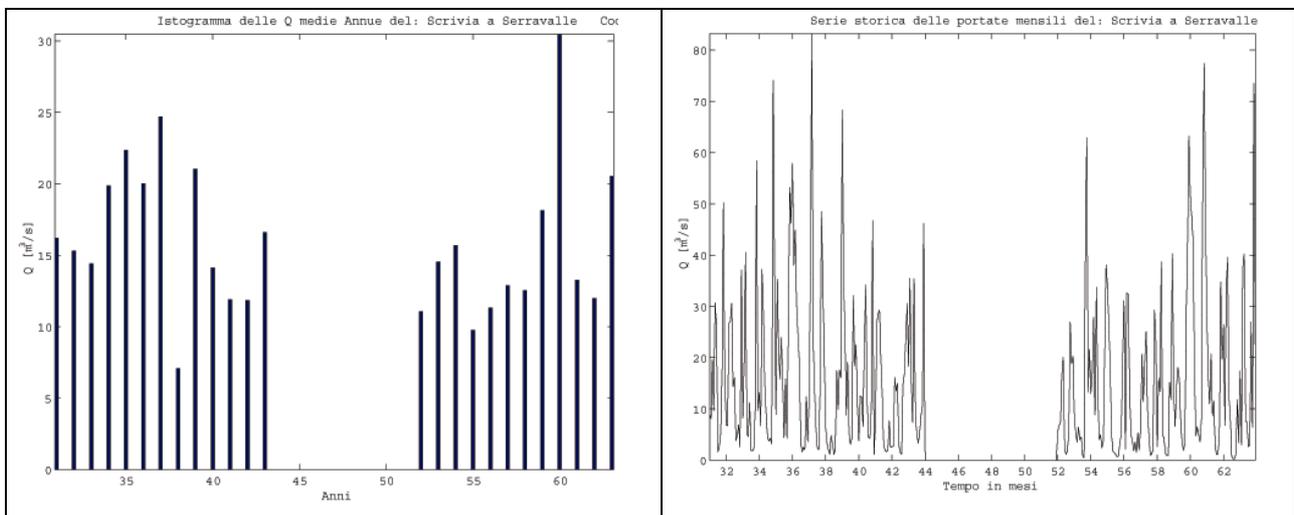


Fig 1. Istogramma delle Q medie annue e grafico delle medie mensili

Le serie storiche delle portate giornaliere sono archiviate in file proprietari del software in uso, del tipo *dgiorxx.mat*, in cui “xx” va sostituito con il codice numerico scelto per il bacino in esame. Nel caso in esame, la serie dei deflussi osservati dello Scrivia è archiviata nel file *dgior25.mat*

- Scelta del modello concettuale

L'identificazione del modello concettuale consiste nella valutazione della presenza o meno della componente di falda pluriennale. Tale procedura consiste essenzialmente nella verifica della presenza di autocorrelazione nei dati aggregati annualmente. In accordo con *Claps et al. (1993)* la presenza di tale componente si può escludere utilizzando anche l'indice idrologico DFI (*deep flow index*) definito come il rapporto fra il valor medio del minimo annuo del deflusso mensile ed il valor medio generale dei deflussi mensili. Bassi valori del DFI associati a stime incongruenti (es. negative) dei parametri k_3 e c_3 sono la base per l'esclusione della componente a ritardo pluriennale. Se invece questa componente è presente, i relativi parametri sono stimati tramite le relazioni fornite da *Claps et al. (1993)* a partire dai parametri di un modello ARMA(1,1), per essere successivamente incorporati come valori vincolati nel modello Shot Noise.

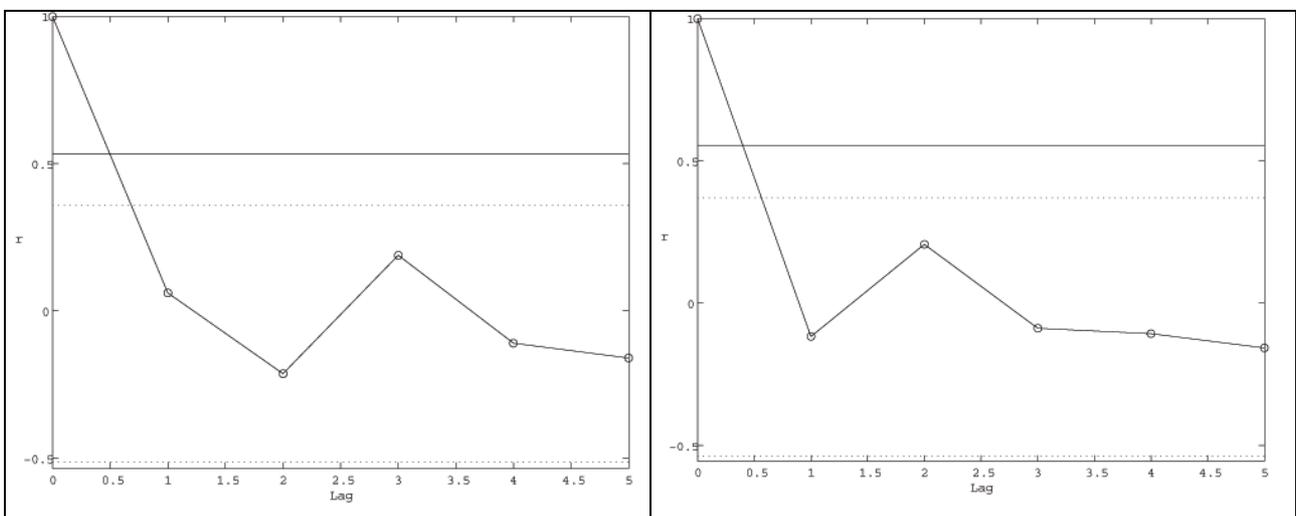


Fig 2. Autocorrelazioni annuali dello Scrivia, valutate sulla serie completa di tutti i dati e sulla sottoserie più consistente di dati continui.

Come si osserva dai grafici riportati in fig. 2, l'assenza sia di valori significativamente diversi da zero sia di un andamento pseudoesponenziale ai primi lag (in accordo con quanto riportato in *Claps et al., 1990*), porta ad escludere a priori l'azione di una falda a ritardo pluriennale.

Si assume quindi la tipologia di modello Shot Noise a 2 serbatoi in parallelo, il cui schema è riportato in figura 3.

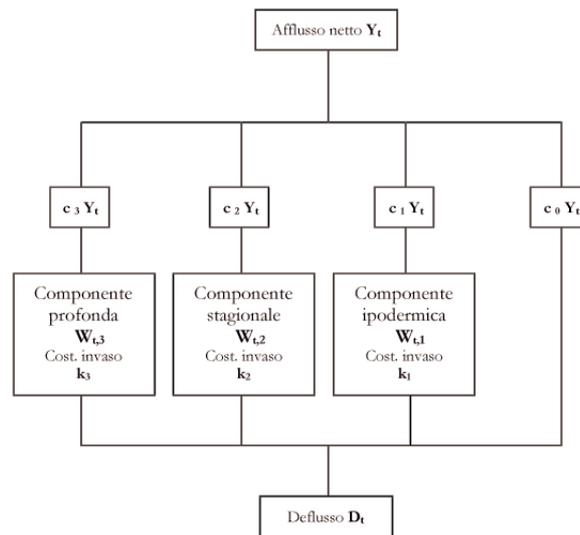


Fig 3. Schema concettuale, completo di serbatoio pluriennale, del modello Shot Noise

Le funzioni di riferimento per il calcolo dell'autocorrelazione sono *autcorr.m* e *autocorr_a_m.m*

autcorr(x,L)

Funzione di autocorrelazione, fino al lag L ,
della serie x di dati, corredata delle fasce
di confidenza secondo Piccolo&Vitale e Anderson

F.Murrone, Dip. di Idraulica G.R.I.I.A, Napoli. Rev. 3/6/93.

autocorr_a_m(cd,tipo,sc)

Calcola l'autocorrelazione della serie delle
portate medie, annue o mensili, a partire dalla
serie di dati giornalieri

cd = Codice d'ordine del bacino

tipo => - 1= autocorr. ANNULE

- 2= autocorr. MENSILE

sc=1 Utilizza la serie completa di tutti gli anni disponibili

A. Giordano 09/2002

Principali funzioni correlate: *aggr_g_a*, *aggr_g_m*

(*autocorr_a_m* richiama file .txt in cui sono archiviate, in matrici anni/mesi, le medie mensili)

- Stima dei parametri di bacino

In merito all'utilizzo delle due tipologie di input, *impulse* e *fpot*, si rende noto che il modello Shot Noise, nella prima configurazione (*impulse*), ricava automaticamente la serie iniziale delle piogge dalla serie delle differenze prime dei deflussi osservati (*Battaglia, 1986*). La relativa funzione, richiamata direttamente nel processo di stima, è la *impulse(x,L)*.

```
y =impulse(x,L)
```

Funzione per la determinazione della serie di impulsi
di primo tentativo in un modello shot noise

x = vettore dei dati da analizzare

L = soglia

F. Murrone ver.1.3.91, rev. 1/03/1995.

Nella configurazione *fpot* è invece necessario “costruire” la serie degli input avvalendosi della procedura “Filtered Peaks Over Threshold” (*Claps e Laio, 2003*), implementata nella funzione *ottim_input(cod,n_L,p_L)* che, in uscita, restituisce il file della serie delle piogge *ottim_input_xx.mat* (*ottim_input_25* è la serie relativa allo Scrivia)

```
ottim_input(cod,n_L,p_L)
```

Dai dati di portata giornaliera estrapola
la serie delle occorrenze (e relative entità)
in modo che la serie dell'input netto risulti indipendente
e distribuita secondo la funzione di Poisson.

cod = codice d'ordine bacino

n_L = numero delle soglie d'accettazione dell'entità dell'input

p_L = passo in mm tra le soglie

F. Laio, A. Giordano 2003

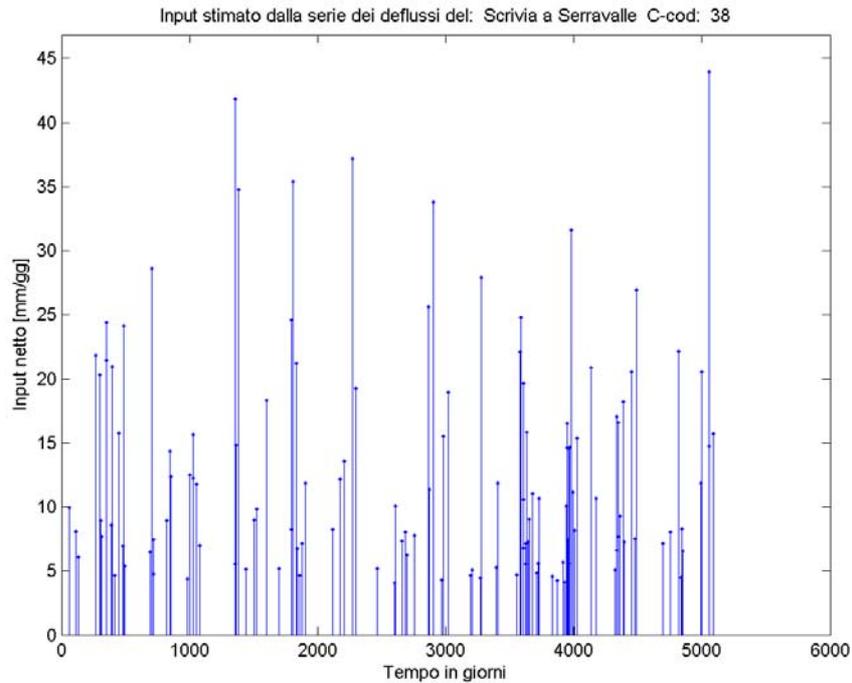


Fig 4. Scrivia a Serravalle, serie dell'input fpot

Principali funzioni correlate: *lambdiff2.m*, *findpeaks.m*, *Kendalltau4.m*, *vonMises.m*

Note le serie degli input, si procede con la stima dei parametri di bacino e dell'input finale del modello Shot Noise. Nel caso in esame si andranno a stimare i coefficienti di ricarica alle falde c_0, c_1 e c_2 , le costanti d'invaso k_1, k_2 e la serie finale dell'input y .

Sono state utilizzate due differenti procedure Shot Noise nella configurazione *impulse* e quattro in quella *fpot*. Rispettivamente, le funzioni sono:

1. *shot_noise_s(cd,L,q,Dt,salva)*: determina i parametri di bacino stimando il tempo base della funzione di risposta che soddisfi la condizione sull'integrale dell'IUH totale ($\int h = 1$).

Richiama la funzione *shot_noise (X,L,q,Dt)*.

shot_noise_s(cd,L,q,Dt,salva)

Applica il modello Shot Noise al singolo bacino.

L'Input è stimato secondo la procedura Battaglia.

Prevede il controllo sull'integrale dell'IUH tramite la stima del tempo base q

cd = codice d'ordine del bacino

L = soglia d'accettazione delle portate (vedi *impulse.m*)

q = tempo base iniziale dell'IUH (giorni)

Dt = aggregazione dei dati (giorni)

salva = 1 => Salva l'input finale e la funzione di risposta totale

A. Giordano

2. ***shot_men_s(cd,L,q,Dt,salva)***: è analoga alla ***shot_noise_s***, ma non prevede la stima del tempo base q . I risultati saranno quindi relativi al valore del parametro q passato alla funzione. Richiama la funzione ***shot_men(X,L,q,Dt)***. L'utilizzo della ***shot_men_s*** è necessario qualora si vogliano affinare le stime al verificarsi di una marcata instabilità numerica.

shot_men_s(cd,L,q,Dt)

Applica il modello Shot Noise al singolo bacino

L'Input è stimato secondo la procedura Battaglia.

cd = codice d'ordine del bacino

L = soglia d'accettazione delle portate (vedi impulse.m)

q = tempo base fissato dell'IUH (giorni)

Dt = aggregazione dei dati (giorni)

salva = 1 => Salva l'input finale e la funzione di risposta totale

A. Giordano 2003

3. ***shot_noise_s_2(cd,q,Dt,usasoglia,salva)***: determina i parametri di bacino stimando il tempo base della funzione di risposta che soddisfi la condizione sull'integrale dell'IUH totale ($\int h = 1$). Utilizza la serie dell'input *fpot*. Richiama la funzione ***shot_noise_2(X,L,q,Dt,input)***. Il parametro *usasoglia* va usualmente posto a zero, essendo l'input *fpot* non affetto da un numero elevato di piogge di piccola entità.

shot_noise_s_2(cd,q,Dt,usasoglia,salva)

Applica il modello Shot Noise al singolo bacino.

Carica input di primo tentativo *fpot*.

Prevede il controllo sull'integrale dell'IUH tramite

la stima del tempo base q

cd = codice d'ordine del bacino

q = tempo base iniziale dell'IUH (giorni)

Dt = aggregazione dei dati (giorni)

usasoglia=1 => Pone a zero gli input inferiori alla soglia L=sog_mm (in mm)

salva=1 => Salva l'input finale e la funzione di risposta totale

A. Giordano 2003

4. ***shot_noise_s_2_ND(cd,q,Dt,usasoglia,salva,sumh)***: determina i parametri di bacino stimando il tempo base della funzione di risposta che soddisfi la condizione sull'integrale dell'IUH totale ($\int h = 1$). Utilizza la serie dell'input *fpot*. In questa configurazione non si fa uso del processo di deconvoluzione. Qualora la convergenza risulti particolarmente difficoltosa, è possibile aumentare l'approssimazione relativa all'integrale dell'IUH attraverso il parametro *sumh*. Richiama la funzione ***shot_noise_2_ND(X,q,Dt,input,sumh)***

shot_noise_s_2_ND(cd,q,Dt,usasoglia,salva,sumh)

Applica il modello Shot Noise privo del processo di deconvoluzione al singolo bacino.

Carica input di primo tentativo *fpot*

Prevede il controllo sull'integrale dell'IUH tramite la stima del tempo base *q*

cd = codice d'ordine del bacino

q = tempo base iniziale dell'IUH (giorni)

Dt = aggregazione dei dati (giorni)

usasoglia=1 => Pone a zero gli input inferiori alla soglia *L=sog_mm*

salva=1 => Salva l'input finale e la funzione di risposta totale

sumh=tolleranza per l'integrale dell'IUH (0.999 se non specificato)

A. Giordano 05/2004

5. ***shot_men_s_2_ND(cd,q,Dt,salva)***, analoga alla precedente, ma priva del processo di stima di *q*. I risultati sono pertanto relativi alla scelta dell'unico tempo base dell'IUH passato alla funzione attraverso il parametro *q*. Richiama la funzione ***shot_men_2_ND(X,q,Dt,input)***

shot_men_s_2_ND(cd,q,Dt,salva)

Applica il modello Shot Noise al singolo bacino

Carica la serie di input di primo tentativo *fpot*

Routine priva del processo di deconvoluzione e della stima del tempo base ottimale *q*

cd = codice d'ordine del bacino

q = tempo base fissato dell'IUH (giorni)

Dt = aggregazione dei dati (giorni)

salva=1 => Salva l'input finale e la funzione di risposta totale

A. Giordano 05/2004

6. *shot_men_s_fix_2_ND(cd,q,Dt,qfin,salva)*: determina i parametri di bacino senza ricorrere alla deconvoluzione e senza stimare il tempo base della funzione di risposta, fissato attraverso il parametro q . Utilizza la serie dell'input *fspot*. In questa configurazione viene vincolato il valore del parametro k_2 , secondo la relazione $k_2 = \frac{q}{n}$. Richiama la funzione

shot_men_fix_2_ND(X,q,L,Dt,input)

shot_men_s_fix_2_ND(cd,q,Dt,qfin,salva)

Applica il modello Shot Noise al singolo bacino
Carica la serie di input di primo tentativo *fspot*
Routine priva del processo di deconvoluzione e della
Stima del tempo base ottimale q

Versione con costante d'invaso "k2" del serbatoio plurimensile fissata al valore q/n
(vedi *shot_men_fix_2_ND*)

cd = codice d'ordine del bacino
 q = tempo base fissato dell'IUH (giorni)
 Dt = aggregazione dei dati (giorni)
 $qfin$ = valore finale del tempo base q
(da imporre qualora si vogliano effettuare più stime in sequenza, con
incrementi di q di 10 giorni. Attivare le righe 53-55,57,106-111
 $salva=1$ => Salva l'input finale e la funzione di risposta totale

A. Giordano 05/2004

La funzione *shot_men_s_fix_2_ND.m* è stata impiegata nello studio dei bacini del Chisone a S. Martino e dell'Orco a Pont Canavese, i cui parametri sono risultati particolarmente difficili da stimare con le procedure standard.

Tutte le funzioni riportate archiviano l'input finale e la funzione di risposta totale del sistema nei formati matlab. Nel presente studio sono state considerate le seguenti grandezze:

- *y_imp_xx.mat* e *y_fspot_NO_deconv_xx.mat*; file delle piogge y relative alla configurazione impulse ed *fspot*, rispettivamente.
- *r_imp_xx.mat* e *r_fspot_NO_deconv_xx.mat*; file delle funzioni di trasferimento r in formato numerico, relative alla configurazione impulse ed *fspot*, rispettivamente.

(Per lo Scrivia avremo *y_imp_25.mat*, *y_fspot_NO_deconv_25.mat* ...)

Per i risultati si rimanda direttamente all'appendice B.

Principali funzioni correlate: *fit_men1.m*, *fit_men2.m*, *impulse.m*

- **Statistiche dell'input finale**

I test statistici implementati per l'analisi dell'input sono:

- a) *Test di Kendall*; verifica l'indipendenza delle entità delle occorrenze.
- b) *Chi-quadro e Von Mises*; verificano se la serie dell'entità delle occorrenze segue le legge esponenziale o gamma.
- c) *Cunnane*; verifica che la serie dell'input sia distribuita secondo la legge di Poisson.

Possono essere richiamati singolarmente, ma, per un'applicazione intensiva, si consiglia l'utilizzo del protocollo *test_input(cd, tipo, ris, ak, aCExp, aCGam, aVMExp, aVMGam)*.

```
[Rt1,Rt2,Rt3,Rt4]=test_input(cd,tipo)
  Applica alla serie dell'input finale del modello SN, e al variare del livello di significatività "alfa",
  i seguenti test statistici:
      Kendall          => Verifica l'INDIPENDENZA delle entità delle occorrenze

      Chi-quadro e Von Mises => Verificano se la serie dell'entità delle occorrenze segue la legge:
          - ESPONENZIAE
          - GAMMA

      Cunnane          => Verifica che la serie dell'input sia distribuita secondo la legge:
          - POISSON

cd = codice d'ordine del bacino

Tipo:
  1 => IMPULSE
  2 => FPOT

ris:  1 => Carica input finale Shot Noise CON Deconv.
      2 => Carica input finale Shot Noise SENZA Deconv.

ak    = Livello d'accettazione per il Test di Kendall
aCExp = Livello d'accettazione per l'Exponential CHI-Square Test
aCGam = Livello d'accettazione per il Gamma CHI-Square Test
aVMExp = Livello d'accettazione per l'Exponential Von Mises Test
aVMGam = Livello d'accettazione per il Gamma Von Mises Test

----- Livelli "alfa" disponibili per i diversi test -----

__ KENDALL Test, EXP. and GAMMA CHI-SQUARE Test--_____

Livello di significatività : 0.005 0.01  0.025 0.05  0.1  0.25  0.5  0.75  0.9  0.95  0.975  0.99  0.995
      Percentili : 0.995 0.990 0.975 0.950 0.900 0.750 0.500 0.250 0.100 0.050 0.025 0.010 0.005
                ^   ^   ^   ^   ^   ^   ^   ^   ^   ^   ^   ^   ^
      "alfa" =  1   2   3   4   5   6   7   8   9  10  11  12  13
```

___ EXP. VON MISES Test _____

Livello di significatività : 0.010 0.025 0.050 0.10 0.150 0.200 0.250 0.500

Percentili : 0.990 0.975 0.950 0.900 0.850 0.800 0.750 0.500

^ ^ ^ ^ ^ ^ ^ ^

"alfa" = 1 2 3 4 5 6 7 8

___ GAMMA VON MISES Test _____

Livello di significatività : 0.005 0.010 0.025 0.050 0.100 0.250

Percentili : 0.995 0.990 0.975 0.950 0.900 0.750

^ ^ ^ ^ ^ ^

"alfa" = 1 2 3 4 5 6

___ CUNNANE Test _____

Livello di significatività fissato al 5%

Rt1=[Tau, Tau Limit, Rtest] |
Rt2=[Anni, Dispersion, Lim sup., Lim inf., Rtest] |
Rt3=[Chi^2 calcolato, Chi^2 tabulato, Rtest] (EXP.) | Test superato se "RTest" = 1
Rt4=[Chi^2 calcolato, Chi^2 tabulato, Rtest] (GAMMA) |
Rt5=[vMises calcolato, vMises tabulato, Rtest] (EXP) |
Rt5=[vMises calcolato, vMises tabulato, Rtest] (GAMMA)|

A. Giordano 16/09/2003 Rev 1.1 del 29/10/2003 Rev. 1.2 del 17/05/2004

Principali funzioni richiamate: ***Test_Kendalltau***, ***Test_Chiq_Exp***, ***Test_Chiq_Gamma***, ***vonMises_exp***, ***vonMises_gamma***.

Si riportano i risultati ottenuti dall'applicazione della funzione *test_input* all'input *fpot* dello Scrivia.

```
Bacino: Scrivia a Serravalle
Tipo input iniziale: FPOT SENZA Deconv
----- Kendall ( Tau, Tau Limit, Rtest ) -----
Rt1 = 0.0734 0.1209 1.0000
----- Cunnane ( Anni, Dispersion, Lim sup., Lim inf., Rtest ) -----
Rt2 = 14.0000 1.3529 1.7202 0.4532 1.0000
-----Chi^2 (Exp.) (calcolato, riferimento, Rtest) -----
Rt3 = 78.2680 61.5812 0
----- Chi^2 (Gamma) (calcolato, riferimento, Rtest) -----
Rt4 = 75.9175 61.5812 0
----- V.Mises (Exp.) (calcolato, riferimento, Rtest) -----
Rt5 = 0.5029 0.0192 0
----- V.Mises (Gamma) (calcolato, riferimento, Rtest) -----
Rt6 = 0.3483 2.0000 1.0000
```

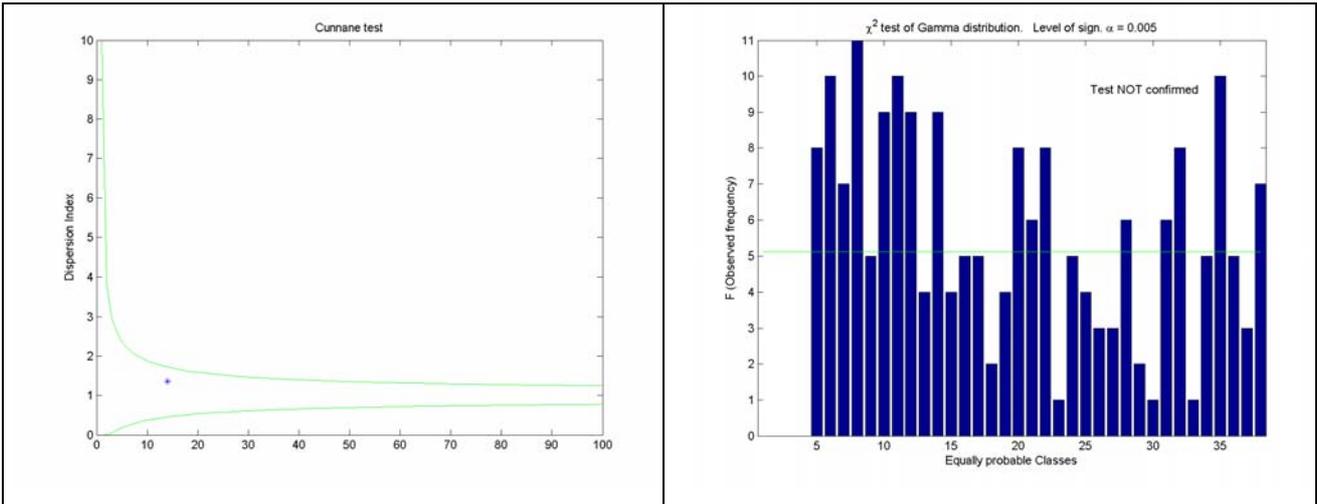


Fig. 5. Scriveria a Serravalle; Indice di Cunnane e relative fasce di confidenza al 95%, rappresentazione grafica delle classi equiprobabili per il test del chi-quadro relativo alla distribuzione gamma.

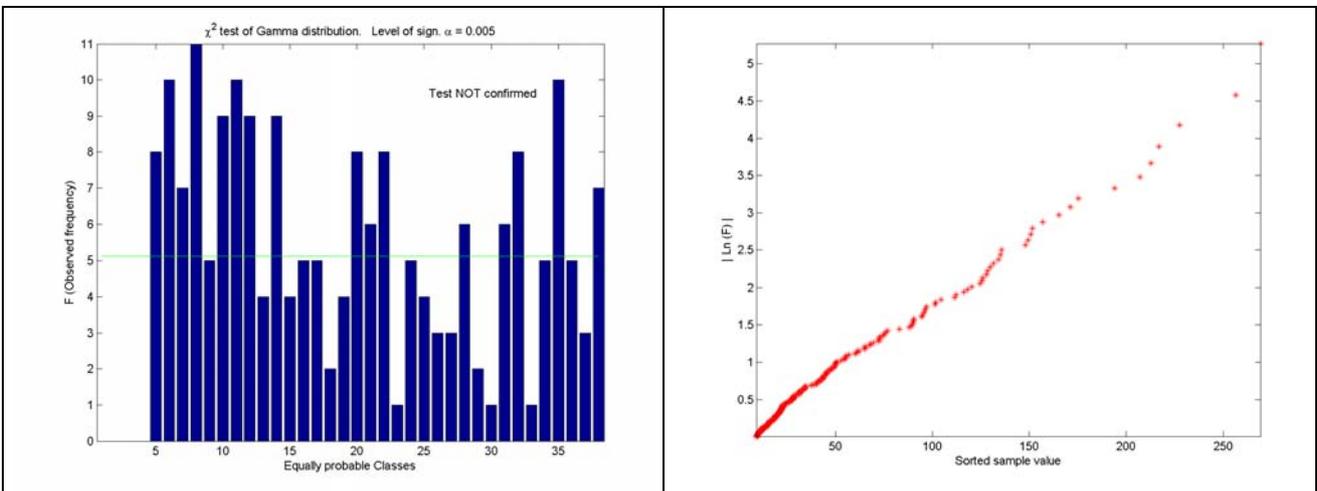


Fig. 6. Scriveria a Serravalle; Risultati del test del chi-quadro relativo alla distribuzione esponenziale.

- Generazione delle serie sintetiche dei deflussi

I file necessari per procedere alla generazione delle serie sintetiche dei deflussi sono la serie finale delle piogge (es. *y_imp_xx.mat*) e la funzione di risposta del bacino in formato numerico (es. *r_imp_xx.mat*). Sulla prima andranno stimati i parametri statistici che consentiranno la generazione di una serie sintetica delle piogge di lunghezza a piacere, la quale, per convoluzione con l'IUH del bacino, fornirà infine la serie dei deflussi generati. Si rende noto che i file di cui sopra devono risiedere nella cartella principale (/smulinput).

Un primo gruppo di funzioni si occupa della generazione dell'input sintetico, delle relative portate tramite convoluzione, del calcolo dei massimi annuali e della relativa rappresentazione sul piano di Gumbel, della valutazione delle curve di durata dei deflussi e del confronto delle principali statistiche delle serie osservate e generate delle piogge e dei deflussi. (Con piogge "osservate" si devono intendere quelle in uscita dallo Shot Noise). Le versioni attuali prevedono l'archiviazione ordinata dei risultati in una cartella */risultati/...* sulla cui struttura non è consigliabile intervenire. Il percorso completo in cui si trova la cartella in questione va impostato tramite il parametro *path*.

Le singole procedure sono di seguito esplicitate:

1. ***exp_poisson_annual(cd,tipopar,L_gen,ris,salva,path)***. Genera serie sintetiche stimando i parametri statistici su stagioni pari all'anno.

```
exp_poisson_annual(cd,tipopar,L_gen,ris,salva,path)
```

Genera la serie dell'INPUT giornaliero Poisson-esponenziale e la serie sintetica delle portate per convoluzione.

I parametri lambda ed alfa si assumono costanti nell'anno (assenza di stagionalità) e sono calcolati con il metodo semplificato o con quello dei momenti

cd = codice d'ordine bacino

tipo = 1 => input iniziale impulse

2 => input iniziale fpot

tipopar = 1 => metodo momenti

2 => metodo semplificato

L_gen = lunghezza della serie da generare [anni]

ris = 1 => SN CON Deconvoluzione

2 => SN SENZA Deconvoluzione

salva = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato nella cartella con nome "codice_bacino" in /risultati.

A. Giordano 04/2003 Rev. 9/2003 Rev. 14/05/2004

2. *exp_poisson_semestr(cd, tipo, tipopar, L_gen, ris, salva, path)*: Genera serie sintetiche stimando i parametri statistici su due stagioni principali, l'una secca (Aprile-Settembre), l'altra umida (Ottobre-Marzo), di ampiezza, ognuna, pari a 6 mesi.

```
exp_poisson_semestr(cd, tipo, tipopar, L_gen, ris, salva, path)
```

Genera la serie dell'INPUT giornaliero Poisson-esponenziale

I parametri lambda ed alfa si assumono variabili con stagionalità di 6 mesi, sono calcolati con il metodo semplificato o con quello dei momenti

cd = codice d'ordine bacino

tipo = 1 => input iniziale impulse

2 => input iniziale fpot

tipopar = 1 => metodo momenti

2 => metodo semplificato

L_gen = lunghezza della serie da generare [anni]

ris = 1 => Risultati SN CON Deconvoluzione

2 => Risultati SN SENZA Deconvoluzione

salva = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato

nella cartella con nome "codice_bacino" in /risultati.

A. Giordano 04/2003 (Rev. 9/2003) Rev. 14/05/2004

3. *exp_poisson_stag_cost_3(cd,tipò,L_gen,stagione,tipopar,dT,ris,salva,path)*. Con la seguente funzione i parametri statistici per la generazione sono calcolati su un numero variabile di stagioni, di ampiezze pari a 14, 28 e 61 giorni.

```
exp_poisson_stag_cost_3(cd,tipò,L_gen,stagione,tipopar,dT,ris,salva,path)
  Genera la serie dell'INPUT giornaliero Poisson-esponenziale e la serie
  delle portate per convoluzione.

  I parametri lambda ed alfa si assumono affetti da stagionalità variabile
  di 14, 28 e 61 giorni.
  Per la generazione sono utilizzati parametri costanti per una durata pari
  a quella della stagione, stimati con il METODO DEI MOMENTI o MAX VEROSIM.

cd = codice d'ordine bacino

tipo = 1 => input iniziale impulse
      2 => input iniziale fpot

L_gen=lunghezza serie input da generare [anni]

stagione 1=14gg
          2=28gg
          3=61gg

tipopar = 1 => minimi quadrati
          2 => max verosimiglianza

dT = intervallo di aggregazione dei dati

ris = 1 => Risultati SN CON Deconvoluzione
      2 => Risultati SN SENZA Deconvoluzione

salva = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato
          nella cartella con nome "codice_bacino" in /risultati.

A. Giordano 05/2003 (Rev 1.1 Laio-Giordano 6/2003)
A. Giordano Rev 1.2 9/2003 Rev.1.2.1 10/2003 Rev.1.2.2 05/2004
```

Funzioni principali richiamate: *bisett.m*, *bimens.m*, *quadsett.m*, *pwn1_1.m*, *maxannui.m*, *curdur.m*, *stat_1.m*, *stat_2.m*, *stat_1_semestr.m*, *stat_2_semestr.m*, *gumbplot.m*.

In merito al bacino in esame, si supponga di voler generare 2 serie sintetiche dei deflussi nelle 2 configurazioni dell'input, aventi le seguenti caratteristiche:

- a) configurazione del modello Shot Noise con processo di deconvoluzione attivo e input iniziale "impulse";
- b) configurazione del modello Shot Noise privo della deconvoluzione e input iniziale "fpot";
- c) parametri α e λ delle procedure di generazione stimati su stagioni di 28 giorni con il metodo dei minimi quadrati;
- d) nessuna archiviazione dei dati;

Definito il contenuto di *path*, sarà necessario utilizzare la funzione *exp_poisson_stag_cost_3* per due volte, nel seguente modo:

per l'input *impulse*, `exp_poisson_stag_cost_3(25,1,1000,2,1,1,1,0,path)` ;

per l'input *fpot*, `exp_poisson_stag_cost_3(25,2,1000,2,1,1,2,0,path)` ;

Anziché richiamare manualmente le singole funzioni PWNE, si consiglia di utilizzare la funzione *prot_simulinput*, che a seconda delle stagioni su cui si vogliono stimare i parametri si preoccupa di lanciare il relativo codice.

```
prot_simulinput(cd,tipo,L_gen,stagione,tipopar,dT,ris,salva,path)
```

Protocollo di generazione di serie sintetiche

Genera la serie delle PIOGGE GIORNALIERE secondo l'ipotesi di distribuzione Poisson-Esponenziale e la serie dei DEFLUSSI GIORNALIERI per convoluzione con l'IUH del bacino stimato con il modello Shot Noise.

UTILIZZO DI PARAMETRI COSTANTI NELL'ANNO

I parametri lambda ed alfa si assumono costanti nell'anno (assenza di stagionalità) e sono calcolati con il metodo semplificato o con quello dei momenti

tipopar = 1 => metodo momenti

2 => metodo semplificato

UTILIZZO DI PARAMETRI CON STAGIONALITA' DI 6 MESI

I parametri lambda ed alfa si assumono variabili con stagionalità di 6 mesi, sono calcolati con il metodo semplificato o con quello dei momenti

tipopar = 1 => metodo momenti

2 => metodo semplificato

UTILIZZO DI PARAMETRI CON STAGIONALITA' 14, 28 e 61 GIORNI

Per la generazione sono utilizzati parametri costanti per una durata pari a quella della stagione, stimati con il METODO DEI MOMENTI o MAX VEROSIM.

tipopar = 1 => minimi quadrati

2 => max verosimiglianza

cd = codice d'ordine bacino

tipo = 1 => input iniziale impulse

2 => input iniziale fpot

L_gen=lunghezza serie input da generare [anni]

stagione 1=14gg

2=28gg

3=61gg

4=semestr

5=ann

tipoparam = 1 => minimi quadrati, metodo momenti

2 => max verosimiglianza, metodo semplificato

ris = 1 => Output Shot Noise CON Deconvoluzione

2 => Output Shot Noise SENZA Deconvoluzione

salva = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato
nella cartella con nome "codice_bacino" in /risultati.

A. Giordano 14/05/2004

Un secondo gruppo di funzioni si preoccupa della valutazione delle performance ottenute nelle due versioni dell'input, prelevando, in parallelo, i risultati dell'applicazione dei “pacchetti” *exp_poisson_xxx* nelle configurazioni *impulse* ed *fpot*.

In seguito all'applicazione delle funzioni di generazione *exp_poisson_xxx* con i due tipi di input, risultano note le cinque serie dei deflussi osservato, ricostruito e generato, questi ultimi relativi alle configurazioni *impulse* e *fpot*.

Tramite la *autcorr_oss_gen_ric(cd,L_gen,stagione,ris_imp,ris_fpot,k,salva,path)* è possibile calcolare, quindi, le autocorrelazioni campionarie, sulle quali andranno valutati gli indici A_{INDEX}

```
[ro,rri,rrf,rgi,rgf]=autcorr_oss_gen_ric(cd,L_gen,stagione,ris_imp,ris_fpot,k,salva,path)
```

Calcola l'autocorrelazione della serie:

osservata,
ricostruita(impulse), ricostruita(fpot)
generata(impulse), generata(fpot)

cd = codice d'ordine bacino

L_gen=lunghezza serie input generata [anni]

stagione 1=14gg
2=28gg
3=61gg
4=semest
5=ann

ris_imp, ris_fpot => 1 = Shot Noise CON Deconvoluzione
2 = Shot Noise SENZA Deconvoluzione

k = 1,2, ... n [n <= length(serie)] Lag temporale

salva = 1 => Archivia le serie in modo ordinato
nella cartella /risultati.

A. Giordano 05/05/2004 rev. 14/05/2004 rev. 20/05/2004

Si supponga di voler calcolare le autocorrelazioni, con lag k di 365 giorni, dei deflussi osservati, ricostruiti e generati dello Scrivia a Serravalle, ottenute nel seguente modo:

- e) configurazione del modello Shot Noise con processo di deconvoluzione attivo e input iniziale “impulse”;
- f) configurazione del modello Shot Noise privo della deconvoluzione e input iniziale “fpot”;

g) parametri α e λ delle procedure di generazione stimati su stagioni di 28 giorni

h) serie sintetiche di 1000 anni.

Nell'ipotesi di non voler archiviare i risultati, si dovranno fornire alla *autcorr_oss_gen_ric* i seguenti parametri: *autcorr_oss_gen_ric(25,1000,2,1,2,365,0,path)*.

Si dispone, a questo punto della trattazione, dei dati necessari alla valutazione di tutti gli indici di performance.

Per il calcolo del P_{INDEX} si utilizza la funzione *P_Index(cd,L_gen,stagione,ris_imp,ris_fpot,soglia,salva,path)*.

Per avere un'indicazione del peso che hanno le piccole frequenze sul calcolo dell'indice in questione, ne vengono calcolati in realtà due, di cui il secondo è valutato su una porzione ridotta della curva di frequenza delle portate (tipicamente per $f > 0.01$).

I parametri della funzione non differiscono da quelli utilizzati nel caso delle autocorrelazioni, tranne che per l'aggiunta del termine *soglia*, riferito alle frequenze da considerare per il calcolo dell'indice "ridotto".

```
[I_imp,I_imp2,I_fpot,I_fpot2]=P_Index(cd,L_gen,stagione,ris_imp,ris_fpot,soglia,salva,path)
```

Calcola le curve di durata delle portate ed il "Performance Index"

Le Q_oss sono archiviate nei noti file "dgiorxxx.mat"

cd = codice d'ordine bacino

L_gen=lunghezza serie input generata [anni]

stagione 1=14gg

2=28gg

3=61gg

4=semest

5=ann

ris_imp, ris_fpot => 1 = Shot Noise CON Deconvoluzione

2 = Shot Noise SENZA Deconvoluzione

soglia = valore della minima frequenza da considerare nella
curva di durata delle portate per il calcolo dell'Index

salva = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato
nella cartella con nome "codice_bacino" in /risultati

A. Giordano 04/05/2004 Rev. 14/05/2004

Per il calcolo del Q_{INDEX} si utilizza la funzione $Q_Index(cd,stagione,L_gen,T,ris_imp,ris_fpot,salva,path)$, con ormai chiaro significato dei parametri. Il termine T indica il tempo di ritorno che si intende utilizzare per la stima delle q_{MAX} .

[Ii,If]=Q_Index(cd,stagione,L_gen,T,ris_imp,ris_fpot,salva,path)
 Calcola il Q_Index basato sulle serie dei massimi annui oss, ric e gen.

cd = codice d'ordine bacino

stagione:

1=14gg

2=28gg

3=61gg

4=semestr

5=ann

L_gen = lunghezza serie generate [anni]

T = tempo di ritorno (anni)

ris = 1 => Risultati SN CON Deconvoluzione

2 => Risultati SN SENZA Deconvoluzione

salva = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato
 nella cartella con nome "codice_bacino" in /risultati.

A. Giordano 04/05/2004 rev. 05/05/2004 rev. 14/05/2004

Ed infine si valuta l' A_{INDEX} ricorrendo alla funzione $A_Index(cd,L_gen,stagione,k,salva,path)$, in cui, con il parametro k , si fa riferimento al lag temporale utilizzato nella valutazione di r .

A_Index(cd,L_gen,stagione,k,salva,path)
 Calcola l'indice di performance A_Index relativo alle curve di autocorrelazione
 osservate, ricostruite(impulse), ricostruite(impulse), generate(impulse) e generate(fpot)

cd = codice d'ordine bacino

L_gen=lunghezza serie input generata [anni]

stagione 1=14gg

2=28gg

3=61gg

4=semest

5=ann

k = 1,2, ... n [n <= length(serie)] Lag temporale

salva = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato
 nella cartella /risultati/...

A. Giordano 20/05/2004

Ad esempio, per lo Scrivia, si potrebbero voler valutare gli adattamenti, alle osservate, delle autocorrelazioni con lag 365 giorni relative a serie sintetiche di deflusso di 1000 anni, generate utilizzando parametri stimati su stagioni di 28 giorni.

Si utilizzerà la seguente riga di comando: `A_Index(25,1000,2,365,0,path)`

L'ultima categoria di funzioni permette, infine, la verifica del rispetto delle statistiche sui volumi.

Sono state considerate: le curve dei volumi massimi e minimi medi annui ottenuti per integrazione delle serie dei deflussi su finestre temporali variabili da 1 a 30 giorni (funzione ***Graf_Flow_Duration(cd,tip,stagione,L_gen,ris,salvagraf,path)***), le curve di frequenza dei volumi massimi, medi e minimi ottenuti per integrazione su finestre temporali di ampiezza specificata tramite il parametro *l*, tipicamente di 7, 15 e 30 giorni.

(funzione ***vol_freq(cd,L_gen,stagione,ris_imp,ris_fpot,l,salvagraf,path)***).

`Graf_Flow_Duration(cd,tip,stagione,L_gen,ris,salvagraf,path)`

Calcola i volumi massimi e minimi medi annui su finestre temporali variabili da 1 a 30 giorni

cd=codice d'ordine del bacino

cd = codice d'ordine del bacino

tipo 1 => impulse

2 => fpot

stag. = 1 => 28gg

2 => 61gg

3 => semest.

4 => ann.

L_gen = Lunghezza serie sintetica

ris = 1 => SN CON Deconvoluzione

2 => SN SENZA Deconvoluzione

salvagraf = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato nella cartella con nome "codice_bacino" in /risultati

A. Giordano 6/11/2003 Rev. 17/05/2004

```
vol_freq(cd,L_gen,stagione,ris_imp,ris_fpot,l,salvagraf,path)
    Calcola le curve di freq dei volumi annui min, med e max su finestre
    di ampiezza "l" (giorni), per le serie osservate, generate(impulse) e
    generate(fpot)

cd = codice d'ordine bacino

L_gen=lunghezza serie input generata [anni]

stagione 1=14gg
          2=28gg
          3=61gg
          4=semest
          5=ann

ris_imp, ris_fpot => 1 = Shot Noise CON Deconvoluzione
                   2 = Shot Noise SENZA Deconvoluzione

l = finestra temporale (giorni)

salvagraf = 1 => Archivia le elaborazioni ed i grafici in modo ordinato
                nella cartella con nome "codice_bacino" in /risultati

A. Giordano 05/2004
```

Principali funzioni richiamate: *Flow_Duration.m*, *Vol_for_duration2.m*

Per la rassegna completa dei risultati si rimanda all'appendice B.

Appendice D

Elenco delle principali funzioni del protocollo “Simulinput”

- modulo di simulazione

function	Descrizione
<i>aggrega.m</i>	Aggrega, mediandoli, i dati giornalieri
<i>findpeaks.m</i>	Trova i picchi in un vettore di interi
<i>fit_men1.m</i>	Funzione parametrica richiamata dalla <i>fminsearch</i> (stima delle caratteristiche di bacino)
<i>fit_men2.m</i>	Analoga alla <i>fit_men1</i> , ma relativa a configurazione con k_2 vincolato
<i>impulse.m</i>	Stima l'input iniziale con il metodo <i>Battaglia</i>
<i>Kendalltau4.m</i>	Calcola il tau di Kendall "rapido" e le relative fascie di confidenza secondo Ferguson et al. (2000)
<i>lambdiff2.m</i>	Routine di identificazione dell'input <i>fpot</i>
<i>ottim_input.m</i>	Protocollo per la stima dell'input <i>fpot</i>
<i>SHOT_men_s.m</i>	Ricava i parametri di bacino; input <i>impulse</i> , utilizza deconvoluzione, non stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_men_s_2.m</i>	Ricava i parametri di bacino; input <i>fpot</i> , utilizza deconvoluzione, non stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_men_s_2_ND.m</i>	Ricava i parametri di bacino; input <i>fpot</i> , non utilizza deconvoluzione, non stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_men_s_fix_2_ND.m</i>	Ricava i parametri di bacino; input <i>fpot</i> , non utilizza deconvoluzione, non stima il tempo base ottim. dell' IUH, vincola k_2
<i>SHOT_NOISE_s.m</i>	Ricava i parametri di bacino; input <i>impulse</i> , utilizza deconvoluzione, stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_NOISE_s_2.m</i>	Ricava i parametri di bacino; input <i>fpot</i> , utilizza deconvoluzione, stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_NOISE_s_2_ND.m</i>	Ricava i parametri di bacino; input <i>fpot</i> , non utilizza deconvoluzione, stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>vonMises.m</i>	Test di von Mises e relativi limiti di confidenza, da Choulakian and Stephens (2000)

Benchè nel presente studio si siano considerati bacini con schemi concettuali esclusivamente a 2 serbatoi, si segnalano le funzioni per la stima dei parametri di bacino nella configurazione del modello a tre serbatoi in parallelo.

Si rende noto che il parametro di ricarica alla falda pluriennale c_3 e la relativa costante d'invaso k_3 vanno stimati con modelli aggregati alla scala annuale, e successivamente forniti allo Shot Noise in qualità di valori vincolati. (*Claps et al, 1993, Giordano, 2003*).

function	Descrizione
<i>fit_an1.m</i>	Analoga alla <i>fit_men2</i> , ma relativa a configurazione con k_3 vincolato (falda pluriennale)
<i>SHOT_an1_s.m</i>	Ricava i parametri di bacino con schema concettuale a 3 serbatoi; input <i>impulse</i> , utilizza deconvoluzione, non stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_an1_2_s.m</i>	Ricava i parametri di bacino con schema concettuale a 3 serbatoi; input <i>fpot</i> , utilizza deconvoluzione, non stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_noise_an1_s.m</i>	Ricava i parametri di bacino con schema concettuale a 3 serbatoi; input <i>impulse</i> , utilizza deconvoluzione, stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_noise_an1_2_s.m</i>	Ricava i parametri di bacino con schema concettuale a 3 serbatoi; input <i>fpot</i> , utilizza deconvoluzione, stima il tempo base ottim. dell' IUH
<i>SHOT_noise_an1_2_s_ND.m</i>	Ricava i parametri di bacino con schema concettuale a 3 serbatoi; input <i>fpot</i> , non utilizza deconvoluzione, stima il tempo base ottim. dell' IUH

- modulo di generazione

function	Descrizione
<i>A_Index.m</i>	Calcola l' Autocorrelation Index
<i>area.m</i>	Restituisce l'Area del bacino
<i>autcorr_y_ric_gen.m</i>	Calcola l'autocorrelazione dell'input
<i>autcorr_oss_gen_ric.m</i>	Calcola l'autocorrelazione dei deflussi
<i>curdur.m</i>	Curva di frequenza
<i>curdur_sqm</i>	Errore quadratico medio tra le curve di freq. q_oss, q_gen, q_ric
<i>carica_g.m</i>	Carica la serie delle portate giornaliere osservate
<i>carica_y_r.m</i>	Carica l'input finale y e la funzione di risposta h
<i>elim_NaN.m</i>	Elimina i NaN tramite interpolazione lineare
<i>exp_poisson_annual.m</i>	PWNE a parametri annuali
<i>exp_poisson_semestr.m</i>	PWNE a parametri semestralii
<i>exp_poisson_stag_cost_3.m</i>	PWNE a parametri stagionali (14, 28 e 61 giorni)
<i>Graf_Flow_Duration.m</i>	Curva dei volumi integrati su finestre di ampiezza 1-30 giorni
<i>gumbplot.m</i>	Gumbel probability plot
<i>Kendalltau4.m</i>	Test statistico di Kendall
<i>maxannui.m</i>	Calcola i massmi annui
<i>nomebac.m</i>	Restituisce il nome del bacino a partire dal suo codice d'ordine
<i>ordina.m</i>	Ordina in serie i dati contenuti in una matrice anni/mesi
<i>P_Index.m</i>	Calcola il Performance Index (è relativo alle curve di duarat delle portate)
<i>prot_simulinput</i>	Protocollo per lai generazione di serie sintetiche
<i>pwn1_0</i>	Calcola i parametri lambda e beta della modello Poisson White Noise Exponential
<i>pwn1_1</i>	Calcola i parametri lambda e beta della modello Poisson White Noise, nella forma discreta Binomial-Exponential
<i>Q_Index.m</i>	Calcola l'Index delle portate massime annue per assegnato tempo di ritorno
<i>stat_1.m</i>	Calcola le princiapl statistiche sui 12 mesi dell'anno
<i>stat_2.m</i>	Calcola le princiapl statistiche sulle stagioni utilizzate in fase di stima dei parametri del PWNE
<i>stat_1_semestr.m</i>	Analogo a stat_1.m, ma per stagioni semestrali
<i>stat_2_semestr.m</i>	Analogo a stat_2.m, ma per stagioni semestrali
<i>Test_Chiq_Exp.m</i>	Test del χ^2 per distribuzioni esponenziali
<i>Test_Chiq_Gamma.m</i>	Test del χ^2 per distribuzioni gamma
<i>test_input.m</i>	Protocollo per l'applicazione simultanea dei test
<i>Test_Kendalltau.m</i>	Test di Kendall
<i>vol.m</i>	Calcola i volumi max generati da portate sopra e sotto una determinata soglia L
<i>vol_freq.m</i>	Calcola le curve di freq. dei volumi (integra la serie dell q su finestre temporali di ampiezza variabile)
<i>vonMises_exp.m</i>	Test di Von Mises per distribuzioni esponenziali
<i>vonMises_gamma.m</i>	Test di Von Mises per distribuzioni gamma
<i>vonMises_Pareto.m</i>	Test di Von Mises per distribuzioni pareto