



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'ambiente,  
dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC  
**Ufficio federale dell'ambiente UFAM**

## STATISTICA SULLE PIENE

### RAPPORTO DELLA STAZIONE

# Maggia - Locarno, Solduno

Ulteriori spiegazioni: [guida](#)  
Contatto: [hydroanalysen@bafu.admin.ch](mailto:hydroanalysen@bafu.admin.ch)

## Indice

<b>1</b>	<b>Basi di dati</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Risultati delle procedure parametriche</b>	<b>6</b>
2.1	L'approccio «block maximum» (BLOCK) . . . . .	7
2.1.1	Intero periodo di analisi: 1970-2015 . . . . .	7
2.1.1.a	Variante di modello stazionaria . . . . .	7
2.1.2	Periodo di riferimento: 1974-2015 . . . . .	9
2.1.2.a	Variante di modello stazionaria . . . . .	9
2.2	L'approccio «Peaks Over Threshold» (POT) . . . . .	11
2.2.1	Periodo di analisi POT: 1974-2015 . . . . .	12
2.2.1.a	Variante di modello stazionaria . . . . .	12
2.2.1.b	Variante di modello non stazionaria . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Risultati a confronto</b>	<b>17</b>
3.1	Valutazione dei diversi periodi di analisi . . . . .	17
3.2	Raffronto generico dei diversi approcci di modello . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>19</b>
	<b>Allegato</b>	<b>20</b>
A	Determinazione del valore soglia per delimitare i valori estremi . . . . .	20
B	Glossario . . . . .	21

# 1 Basi di dati

Per le analisi statistiche dei valori estremi sono disponibili i seguenti dati relativi alle portate:

<b>Dati disponibili</b>	<b>dal</b>	<b>al</b>
Massime mensili digitali	01.01.1970	07.08.1978
	01.01.1985	31.12.2015
Massime giornaliere digitali	01.01.1974	07.08.1978
	01.01.1985	31.12.2015

Un limnigrafo è stato messo in funzione le 01. dicembre 1969. Tra il 7 agosto 1978 e il 1° gennaio 1985 la stazione era fuori servizio a causa dell'evento estremo di piena del 7 agosto 1978, che ha modificato il profilo del fiume e ha reso impossibile continuare le misurazioni. La nuova stazione ha potuto essere messa in servizio soltanto il 1° gennaio 1985. Il valore di portata concernente questo evento è straordinariamente elevato, ma è stato verificato e ritenuto corretto. Viene utilizzato per l'analisi delle massime mensili e annuali anche se mancano i dati relativi al resto del mese di agosto e alla fine dell'anno, in quanto anche in assenza delle misurazioni si può partire dal presupposto che in tale periodo non si sono riscontrati valori superiori.

Per le analisi sono utilizzati gli anni completi delle massime mensili registrate dal limnigrafo oppure le massime giornaliere digitali (cfr. cap. 2).

La portata più elevata è stata osservata come segue:

<b>Picco di portata più elevato</b>	<b>Data</b>	<b>Portata</b>
Massima giornaliera più elevata	07.08.1978	4500 m <sup>3</sup> /s
Massima mensile più elevata	07.08.1978	4500 m <sup>3</sup> /s

I dati relativi alle portate possono essere contraddistinti come segue:

<b>Andamento della portata</b>	<b>Descrizione</b>
Regime di portata	Non classificabile in modo univoco: Deflussi superiori in estate e autunno, deflussi inferiori in inverno.
Effetto della stagionalità	Leggermente riconoscibile osservando le massime mensili e giornaliere. (figura 3 et figura 4)
Influsso	Influsso di diversi laghi e centrali idroelettriche, ma già presenti prima dell'inizio del periodo di analisi, quindi nei dati non si individua alcuna ripercussione. All'interno del bacino imbrifero non sono noti influssi sul regime delle portate per l'intero periodo di analisi 1970 - 2015.

Le massime annuali oscillano tra 300 e 4500 m<sup>3</sup>/s circa, con una dispersione dei valori elevata. Cinque valori al di sopra di 2000 m<sup>3</sup>/s costituiscono le massime annuali più elevate, mentre la maggior parte dei valori si situa tra 1000 e 1800 m<sup>3</sup>/s. Dall'analisi risulta un punto di rottura significativo attorno al 1985 (intervallo di confidenza non calcolabile). Prima del 1985 si sono però verificate due delle tre portate di piena maggiori, mentre dopo il 1985 si sono registrate con una frequenza maggiore massime annuali inferiori a 1000 m<sup>3</sup>/s. Dal punto di vista idrologico quest'ultimo non è spiegabile. Per questo motivo si rinuncia a un periodo di analisi a partire dal punto di rottura.

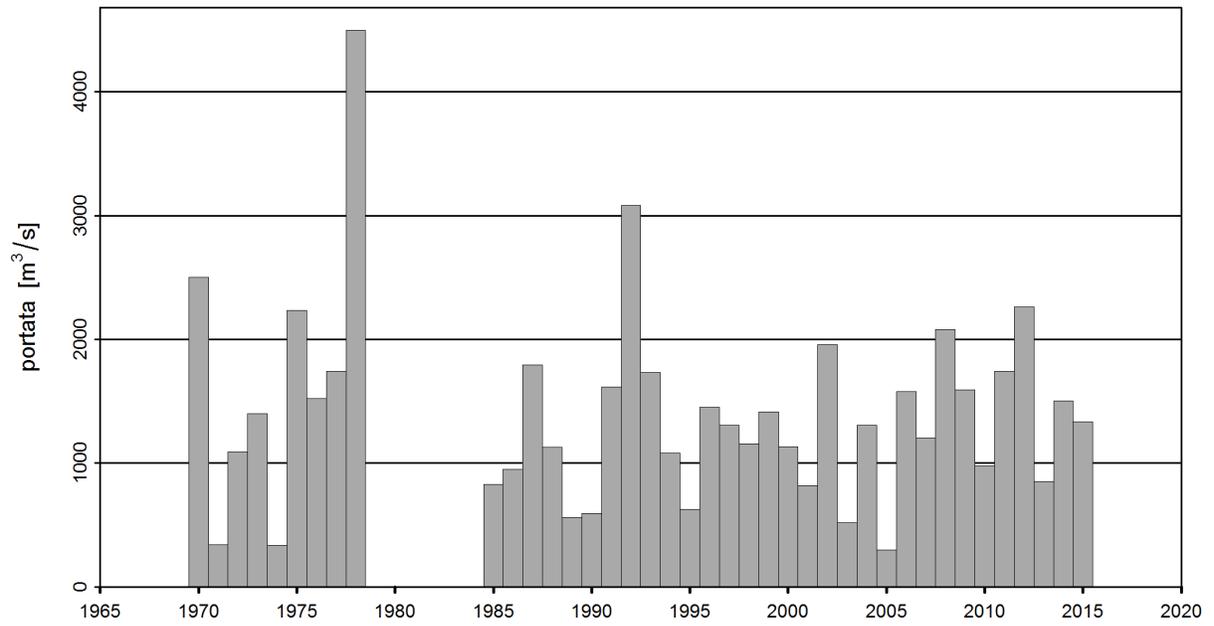


Figura 1: Serie temporale delle massime annuali [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (1970 - 2015, grigio scuro : massime annuali utilizzate per la statistica)

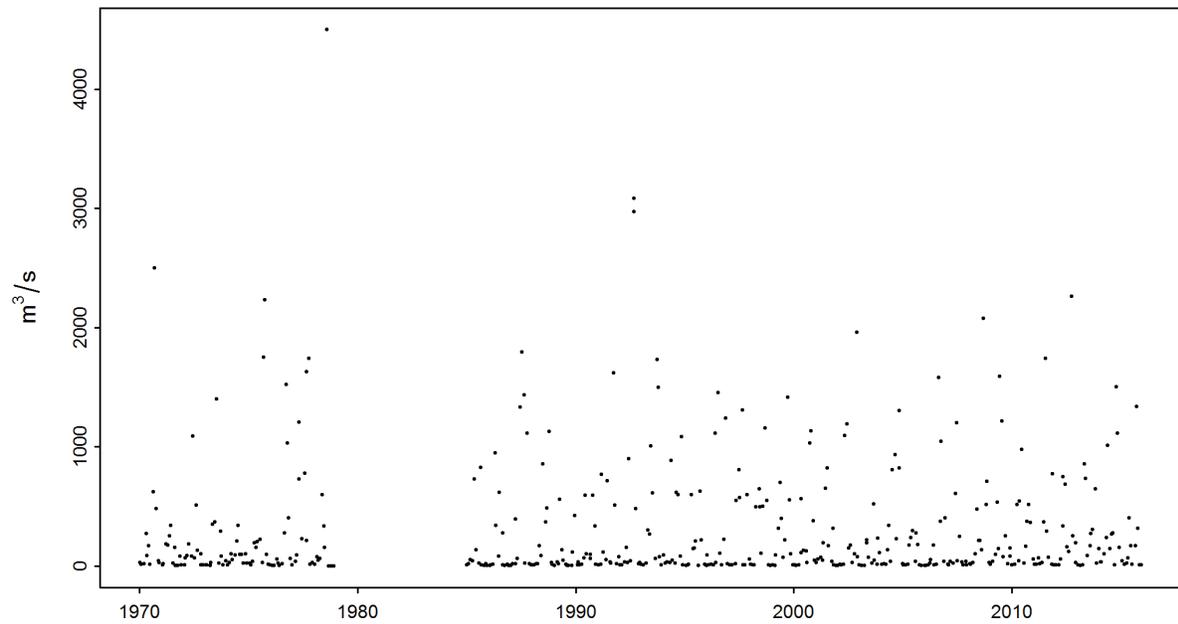


Figura 2: Serie temporale delle massime mensili [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (01.01.1970 - 31.12.2015)

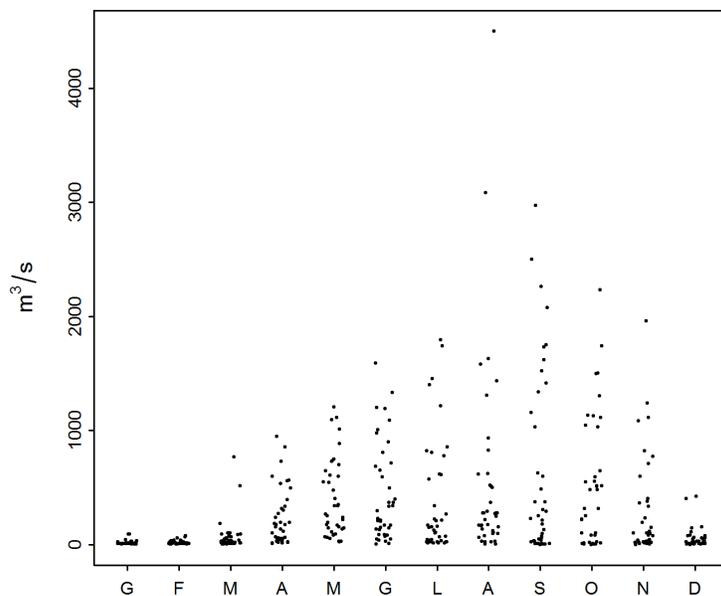


Figura 3: Andamento stagionale delle massime mensili [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (01.01.1970 - 31.12.2015)

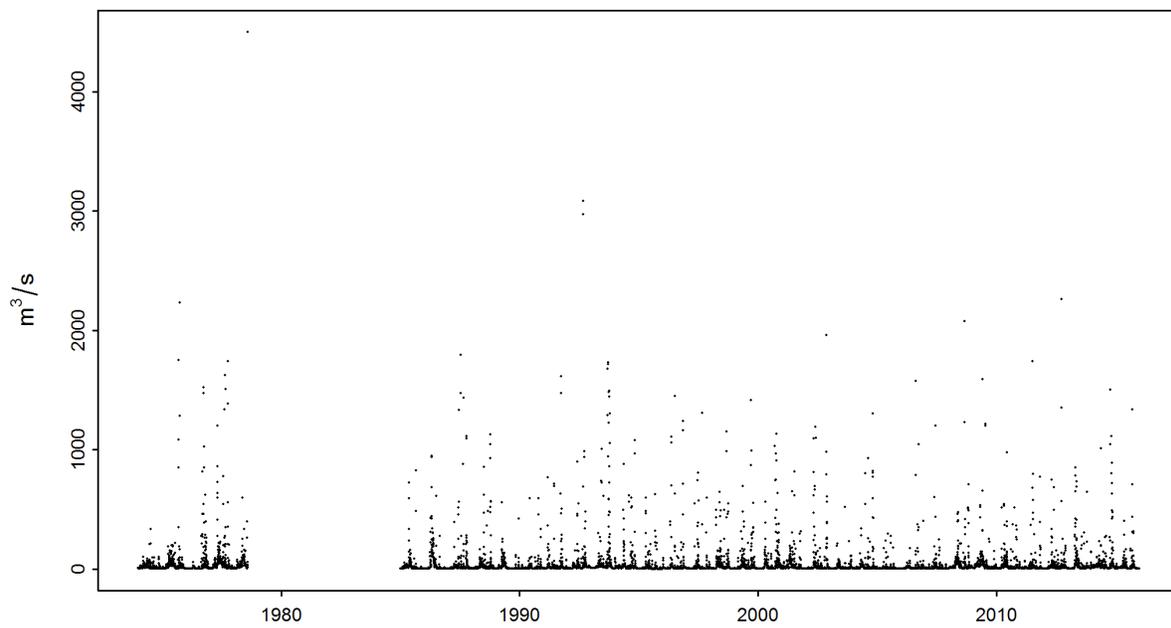


Figura 4: Serie temporale delle portate giornaliere massime [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (01.01.1974 - 31.12.2015)

## Riassunto delle varianti di modello

<b>Variazioni</b>	<b>Effetti</b>	<b>Conseguenze</b>
Nessuna note	-	Presumibilmente stazionario

## Analisi dei punti di rottura

<b>Anno</b>	<b>Punto di rottura significativo</b>	<b>Conseguenze</b>
1984 / 1985	no	Il periodo di analisi non viene suddiviso, dato che non si evince alcuna motivazione dalla documentazione relativa alla stazione e al bacino imbrifero. Utilizzo di 1985 come $t_0$ (cfr. capitolo 2).

## 2 Risultati delle procedure parametriche

Con l'ausilio di due procedure parametriche (approcci BLOCK e POT) sono stimate le probabilità di piena  $HQ_T$ . I due approcci si distinguono nel metodo con il quale vengono identificati i valori estremi. Si basano sui seguenti parametri e dati iniziali del modello:

Procedura parametrica	Parametri	Dati iniziali del modello
Block Maximum (BLOCK)	$\mu$ Parametro di posizione $\sigma$ Parametro di scala $\kappa$ Parametro di forma	Massime annuali
Peaks Over Threshold (POT)	$\lambda$ Tasso di incidenza $\sigma$ Parametro di scala <sup>1</sup> $\kappa$ Parametro di forma	Massime giornaliere

Per entrambi gli approcci parametrici viene calcolato il caso stazionario. Ciò significa che si suppone che tutti i parametri della funzione di ripartizione rimangano costanti sull'arco dell'intero periodo di analisi. Se tuttavia la storia della stazione lascia supporre una variazione temporale, i parametri della funzione di ripartizione corrispondente possono essere modellizzati in funzione del tempo. Vengono utilizzate le seguenti varianti di modello, riportate alle tabelle 1 e 2:

Tabella 1: Varianti di metodo BLOCK.  $\mu$  Parametro di posizione (mu),  $\sigma$  Parametro di scala (sigma),  $\kappa$  Parametro di forma (kappa)

Varianti di metodo BLOCK			
Nome	Descrizione	Parametro (t: anno)	Numero di parametri
stat	Variante stazionaria	$\mu, \sigma, \kappa$	3
mul	Trend lineare di $\mu$	$\mu = a_1 + a_2 * t, \sigma, \kappa$	4
muq	Trend quadratico di $\mu$	$\mu = a_1 + a_2 * t + a_3 * t^2, \sigma, \kappa$	5
sigl	Trend lineare di $\sigma$	$\mu, \sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$	4
musigl	Trend lineare di $\mu$ e $\sigma$	$\mu = a_1 + a_2 * t, \sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$	5
mujump	Variazione non continua di $\mu$ al momento $t_0$	$\mu = a_1 + a_2 * i, \sigma, \kappa, i = 0$ per $t < t_0, i = 1$ per $t \geq t_0$	4

Tabella 2: Varianti di metodo POT.  $\sigma$  Parametro di scala (sigma),  $\kappa$  Parametro di forma (kappa)

Varianti di metodo POT			
Nome	Descrizione	Parametro (t: anno)	Numero di parametri
stat	Variante stazionaria	$\sigma, \kappa$	2
sigl	Trend lineare di $\sigma$	$\sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$	3
sigjump	Variazione non continua di $\sigma$ al momento $t_0$	$\sigma = b_1 + b_2 * i, \kappa,$ $i = 0$ per $t < t_0, i = 1$ per $t \geq t_0$	3

La qualità delle varianti di modello viene valutata graficamente mediante un probability plot e un quantile plot (cfr. p. es. figura 5 in alto e [guida](#) cap. 2.2.3). Meglio i dati sono posizionati lungo la diagonale unitaria, più si può supporre che le ipotesi del modello siano corrette. Sulla base di uno schema della procedura si decide quale modello non stazionario utilizzare in futuro (cfr. fig. 5 al capitolo 2.1.3 della [guida](#)). Di seguito sono indicate le procedure con i risultati migliori.

<sup>1</sup>Numericamente, il parametro di scala  $\sigma$  dell'approccio POT non coincide con quello  $\sigma$  dell'approccio BLOCK.

## 2.1 L'approccio «block maximum» (BLOCK)

L'approccio «block maximum» definisce il valore massimo all'interno di un intervallo di tempo (block: nel caso in esame un anno) come valore estremo.

Nel rapporto vengono descritte le seguenti varianti dell'approccio BLOCK:

Periodo di analisi	Descrizione	Variante di modello scelta	Capitolo
1970 - 2015	intero periodo di analisi	stat	capitolo 2.1.1.a
1974 - 2015	periodo di riferimento	stat	capitolo 2.1.2.a

Per l'intero periodo di analisi non si osservano differenze significative tra le varianti di modello stazionarie e quelle non stazionarie.<sup>2</sup>

### 2.1.1 Intero periodo di analisi: 1970-2015

#### 2.1.1.a Variante di modello stazionaria

Procedura	Variante di modello	Periodo di analisi	Dati iniziali del modello	Osservazioni
BLOCK	stat	1970-2015	Massime annuali	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

Numero di valori n	Parametro di posizione $\hat{\mu}$	Parametro di scala $\hat{\sigma}$	Parametro di forma $\hat{\kappa}$
46	1053.94	573.47	0.0357

La qualità della variante di modello «stat» sull'intero periodo di analisi viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 5.

<sup>2</sup>Come punto  $t_0$  per il modello «mujump» viene scelto l'anno 1985.

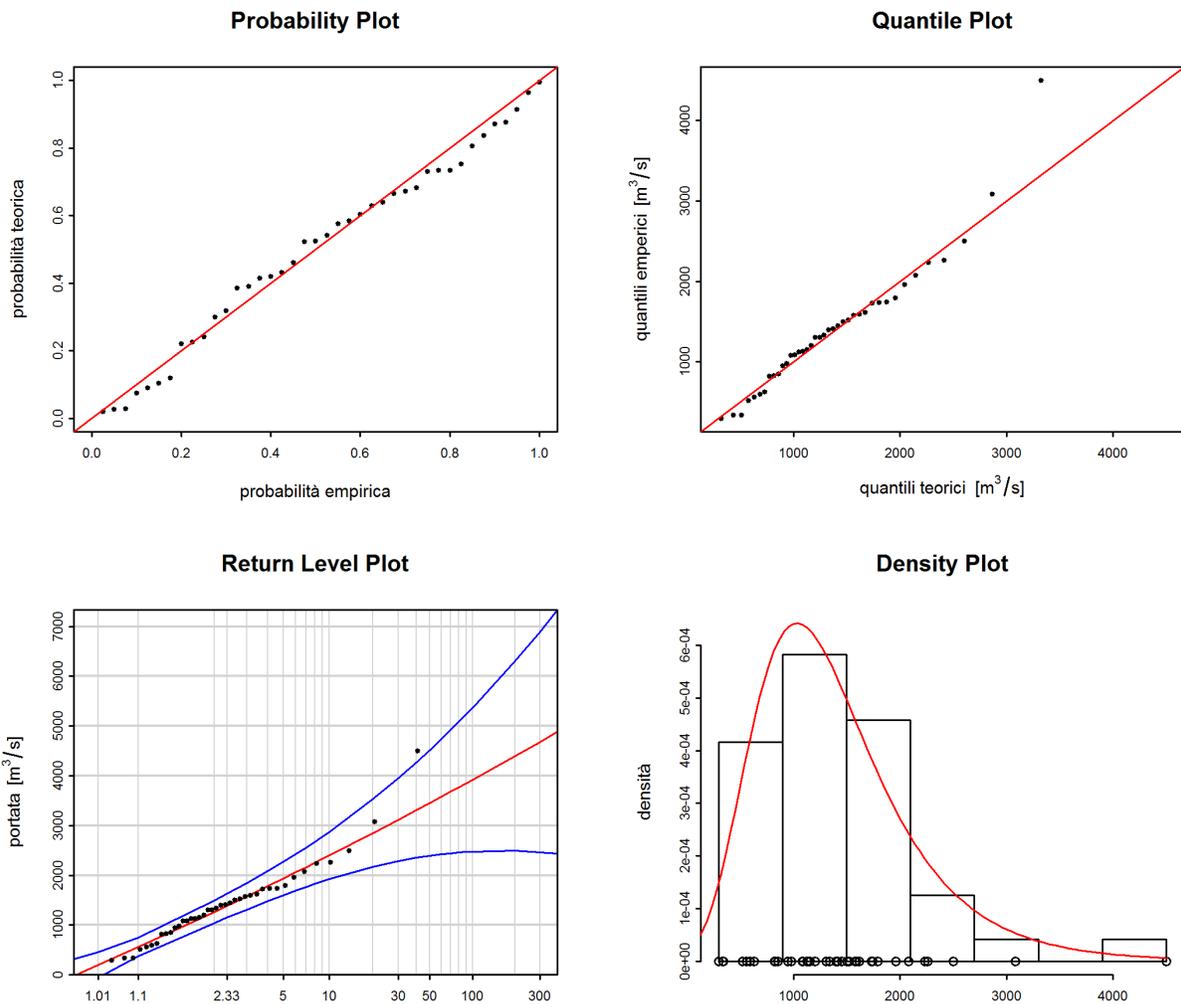


Figura 5: Plot diagnostici della variante di modello «stat» dell'approccio BLOCK(1970-2015)

**Valutazione plot diagnostici (figura 5):**

Criteria	Valutazione <sup>3</sup>	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	buono	-
Adattamento settore superiore	cattivo	il valore più elevato molto fortemente sottostimato
Intervallo di confidenza	ampio	molto più elevato per periodi di ritorno estesi

<sup>3</sup>cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello stazionaria dell'approccio BLOCK sull'intero periodo di analisi 1970-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

<b>HQ<sub>T</sub></b>	<b>Limite di confidenza inferiore [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Portata [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Limite di confidenza superiore [m<sup>3</sup>/s]</b>
HQ <sub>2</sub>	1042	1266	1489
HQ <sub>10</sub>	1923	2398	2872
HQ <sub>30</sub>	2285	3117	3949
HQ <sub>100</sub>	2478	3921	5365
HQ <sub>300</sub>	2467	4681	6895

### 2.1.2 Periodo di riferimento: 1974-2015

#### 2.1.2.a Variante di modello stazionaria

<b>Procedura</b>	<b>Variante di modello</b>	<b>Periodo di analisi</b>	<b>Dati iniziali del modello</b>	<b>Osservazioni</b>
BLOCK	stat	1974-2015	Massime annuali	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

<b>Numero di valori n</b>	<b>Parametro di posizione <math>\hat{\mu}</math></b>	<b>Parametro di scala <math>\hat{\sigma}</math></b>	<b>Parametro di forma <math>\hat{\kappa}</math></b>
42	1063.19	558.96	0.0481

La qualità della variante di modello «stat» sullo periodo di riferimento viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 6.

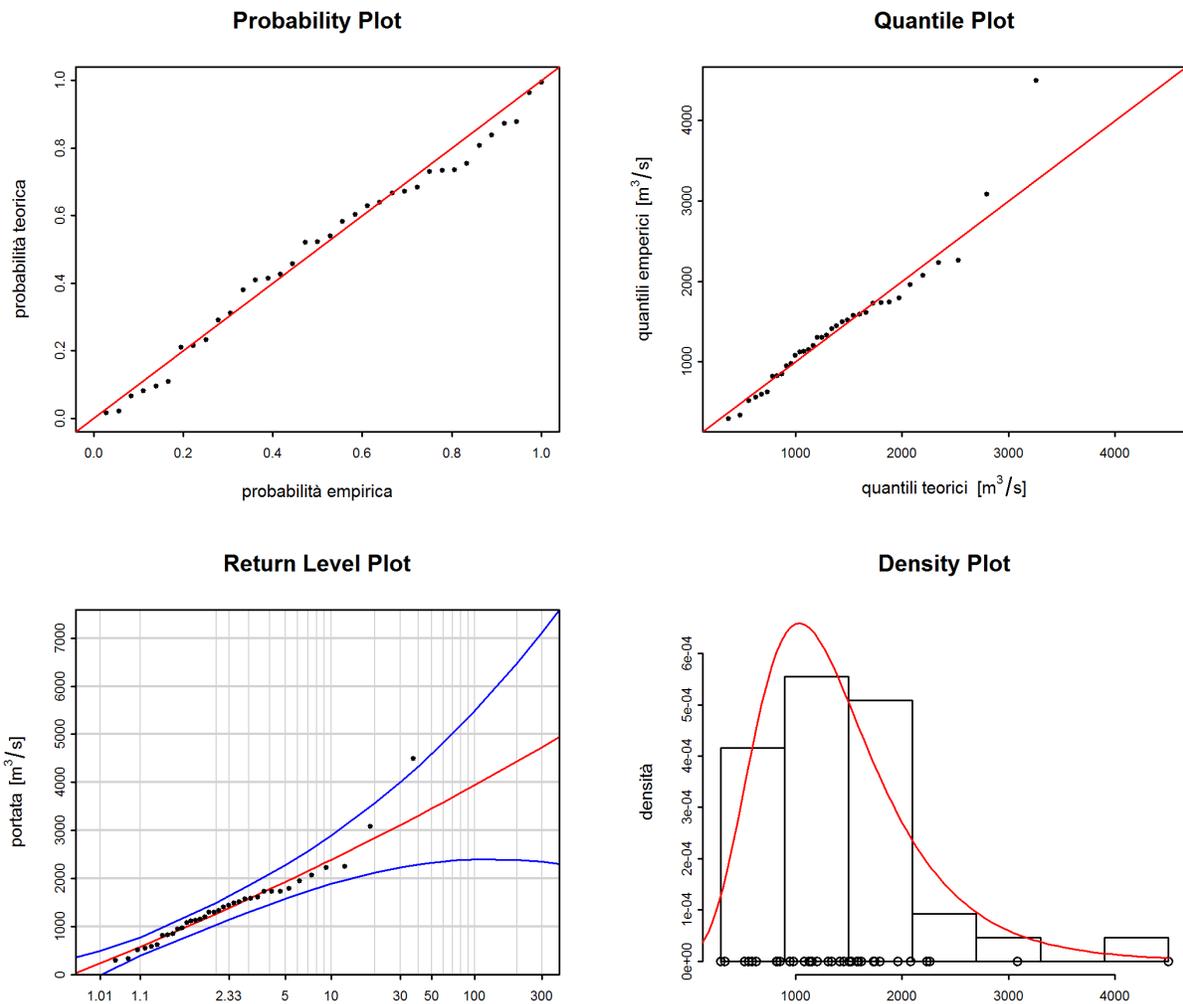


Figura 6: Plot diagnostici della variante di modello «stat» dell'approccio BLOCK(1974-2015)

**Valutazione plot diagnostici (figura 6):**

Criteria	Valutazione <sup>4</sup>	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	buono-medio	alcuni valori leggermente sovrastimati
Adattamento settore superiore	cattivo	il valore più elevato molto fortemente sottostimato
Intervallo di confidenza	ampio	molto più elevato per periodi di ritorno estesi

<sup>4</sup>cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello stazionaria dell'approccio BLOCK sullo periodo di riferimento 1974-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

<b>HQ<sub>T</sub></b>	<b>Limite di confidenza inferiore [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Portata [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Limite di confidenza superiore [m<sup>3</sup>/s]</b>
HQ <sub>2</sub>	1040	1270	1500
HQ <sub>10</sub>	1891	2392	2893
HQ <sub>30</sub>	2233	3118	4002
HQ <sub>100</sub>	2397	3941	5485
HQ <sub>300</sub>	2347	4731	7114

## 2.2 L'approccio «Peaks Over Threshold» (POT)

Nell'approccio «peaks over threshold» (POT) i valori sono considerati eventi estremi se superano un valore soglia  $u$  elevato.

Per calcolare la procedura POT vengono utilizzate le massime giornaliere a partire dal 1974. Il trattamento dei dati avviene al netto dei cluster. Per Maggia - Locarno, Solduno, l'intervallo L tra due eventi indipendenti viene fissato al valore minimo di 11 giorni.

Sono state analizzate le seguenti varianti di modello dell'approccio POT:

<b>Periodo di analisi</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Variante di modello scelta</b>	<b>Capitolo</b>
1974 - 2015	periodo di analisi POT	stat sigjump	capitolo 2.2.1.a capitolo 2.2.1.b

### 2.2.1 Periodo di analisi POT: 1974-2015

In questo caso come valore soglia  $u$  è stato scelto  $598 \text{ m}^3/\text{s}$  (cfr. allegato A). La figura 7 illustra gli eventi estremi effettivamente utilizzati.

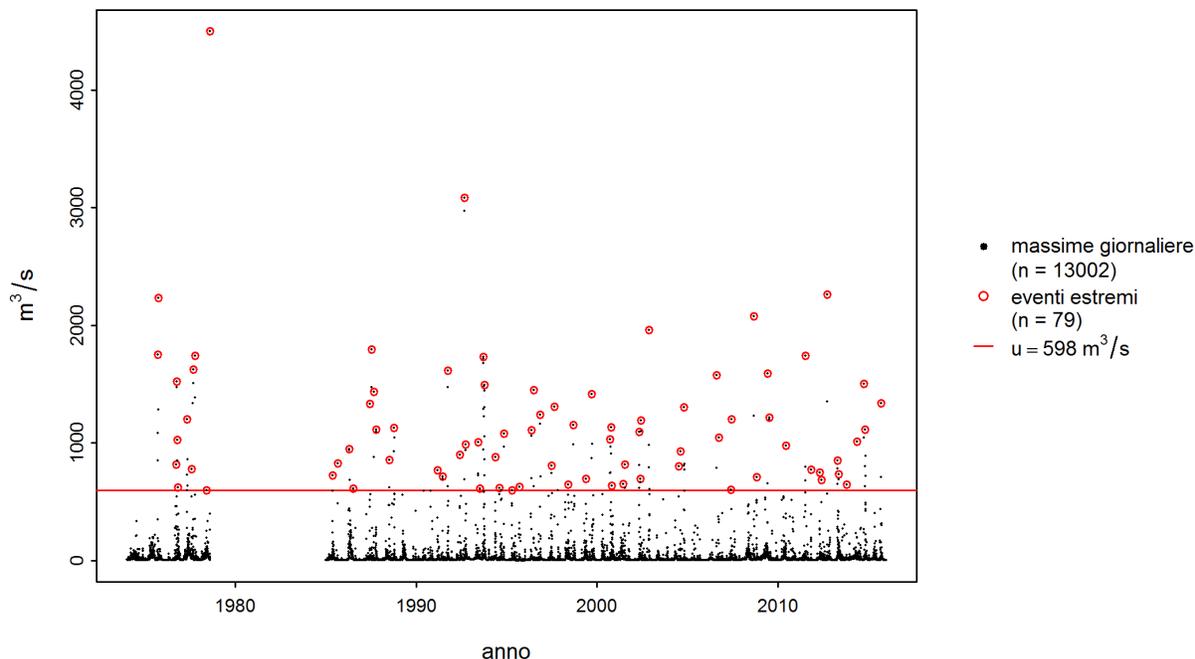


Figura 7: Scelta degli eventi estremi utilizzati per l'approccio POT

#### 2.2.1.a Variante di modello stazionaria

Procedura	Variante di modello	Periodo di analisi	Dati iniziali del modello	Osservazioni
POT	stat	1974-2015	Massime giornaliere	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

Valore soglia	Numero di valori	Tasso di incidenza	Parametro di scala	Parametro di forma
$u$	$n$	$\hat{\lambda}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\kappa}$
$598 \text{ m}^3/\text{s}$	79	2.19	548.91	0.0401

La qualità della variante di modello «stat» sullo periodo di analisi POT viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 8.

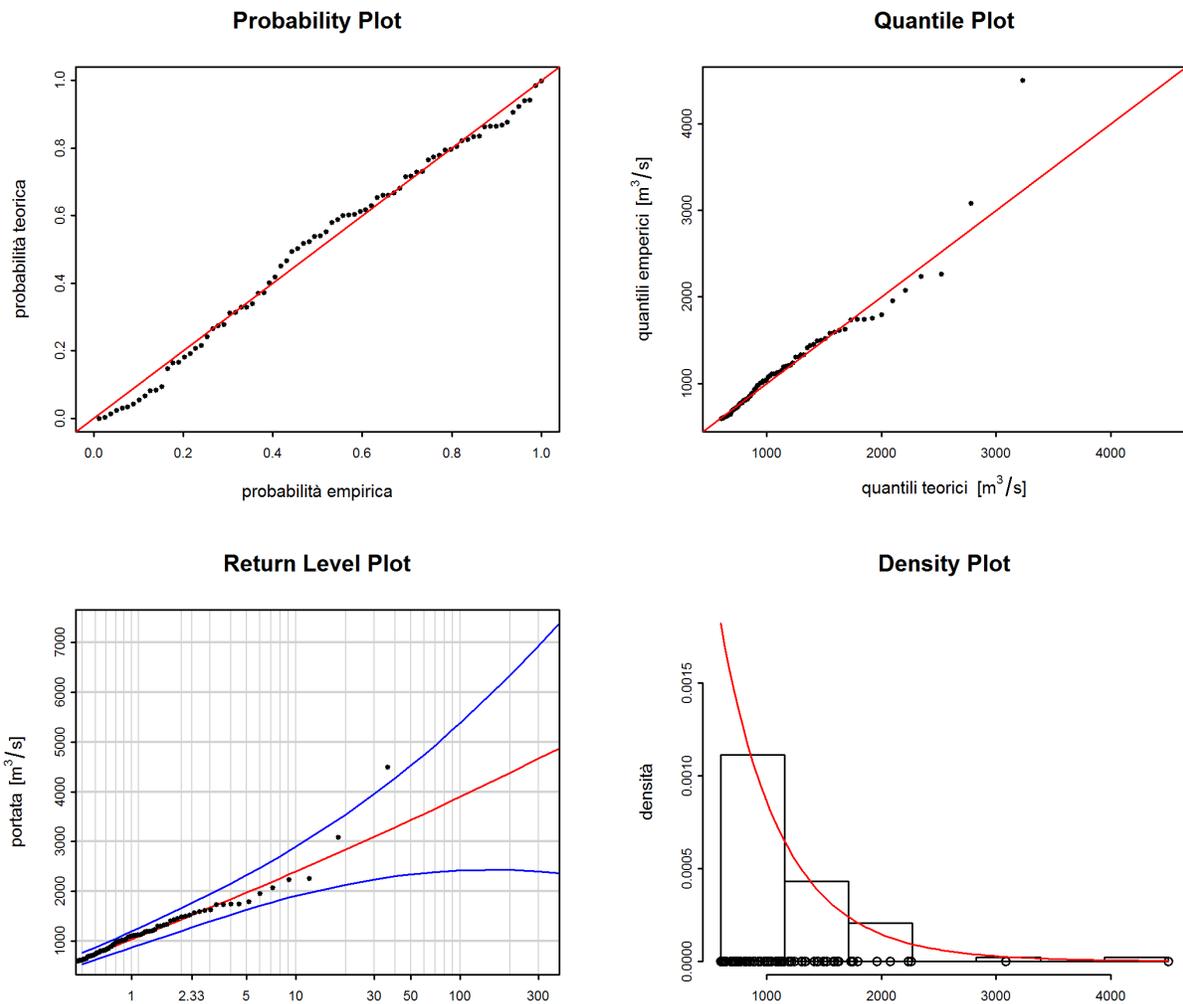


Figura 8: Plot diagnostici della variante di modello «stat» dell'approccio POT(1974-2015)

**Valutazione plot diagnostici (figura 8):**

Criteria	Valutazione <sup>5</sup>	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	medio	alcuni valori sovrastimati
Adattamento settore superiore	cattivo	il valore più elevato molto fortemente sottostimato
Intervallo di confidenza	ampio	molto più elevato per periodi di ritorno estesi

<sup>5</sup>cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello stazionaria dell'approccio POT sullo periodo di analisi POT 1974-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

<b>HQ<sub>T</sub></b>	<b>Limite di confidenza inferiore [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Portata [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Limite di confidenza superiore [m<sup>3</sup>/s]</b>
HQ <sub>2</sub>	1204	1434	1665
HQ <sub>10</sub>	1910	2403	2896
HQ <sub>30</sub>	2242	3101	3960
HQ <sub>100</sub>	2421	3902	5383
HQ <sub>300</sub>	2401	4667	6934

### 2.2.1.b Variante di modello non stazionaria

Il raffronto tra le diverse varianti di modello dell'approccio POT dimostra che il modello «sigjump» si differenzia in modo sostanziale dal modello stazionario «stat». Per questo motivo di seguito vengono raffigurati i risultati di «sigjump» (cfr. fig. 5 della [guida](#)).

<b>Procedura</b>	<b>Variante di modello</b>	<b>Periodo di analisi</b>	<b>Dati iniziali del modello</b>	<b>Osservazioni</b>
POT	sigjump1985	1974-2015	Massime giornaliere	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

<b>Valore soglia</b>	<b>Numero di valori</b>	<b>Tasso di incidenza</b>	<b>Parametro di scala <math>\hat{\sigma}^6</math></b>		<b>Parametro di forma</b>
$u$	$n$	$\hat{\lambda}$	$b_1$	$b_2$	$\hat{\kappa}$
598 m <sup>3</sup> /s	79	2.19	1025.42	-486.45	-0.0682

La qualità della variante di modello «sigjump1985» sullo periodo di analisi POT viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 9.

<sup>5</sup>Sulla base dei risultati dell'analisi dei punti di rottura, come momento  $t_0$  per il modello «sigjump» viene scelto l'anno 1985 (cfr. cap. 1).

<sup>6</sup> $\hat{\sigma} = b_1 + b_2 * i, i = 0$  per  $t < t_0$ ,  $i = 1$  per  $t \geq t_0$  (cfr. tabella 1)

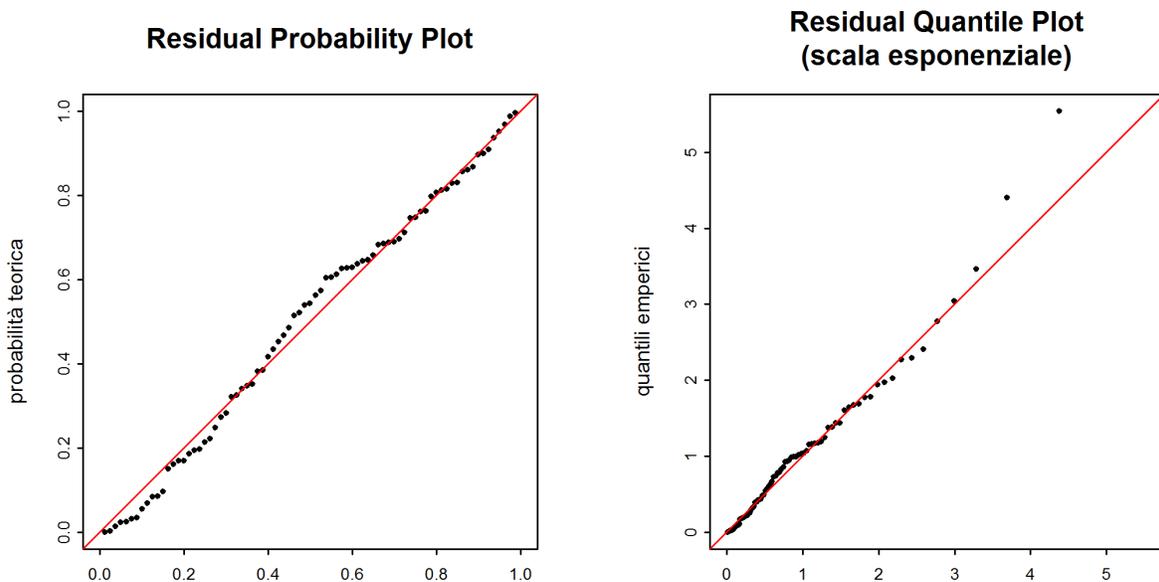


Figura 9: Plot diagnostici della variante di modello «sigjump1985» dell'approccio POT(1974-2015)

**Valutazione plot diagnostici (figura 9):**

Criteria	Valutazione <sup>7</sup>	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	buono	-
Adattamento settore superiore	medio-cattivo	valori più elevati fortemente sottostimati
Raffronto con il modello stazionario	migliore	alcuni valori sono più vicini alla diagonale unitaria

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello non stazionaria dell'approccio POT sullo periodo di analisi POT 1974-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

HQ <sub>T</sub>	Limite di confidenza inferiore [m <sup>3</sup> /s]	Portata [m <sup>3</sup> /s]	Limite di confidenza superiore [m <sup>3</sup> /s]
HQ <sub>2</sub>	1153	1356	1559
HQ <sub>10</sub>	1719	2099	2479
HQ <sub>30</sub>	1954	2561	3168
HQ <sub>100</sub>	2070	3029	3988
HQ <sub>300</sub>	2066	3424	4782

La figura 10 illustra la variazione dell' HQ<sub>100</sub> tra 1970 e 2015 calcolato con il modello «sigjump1985».

<sup>7</sup>cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

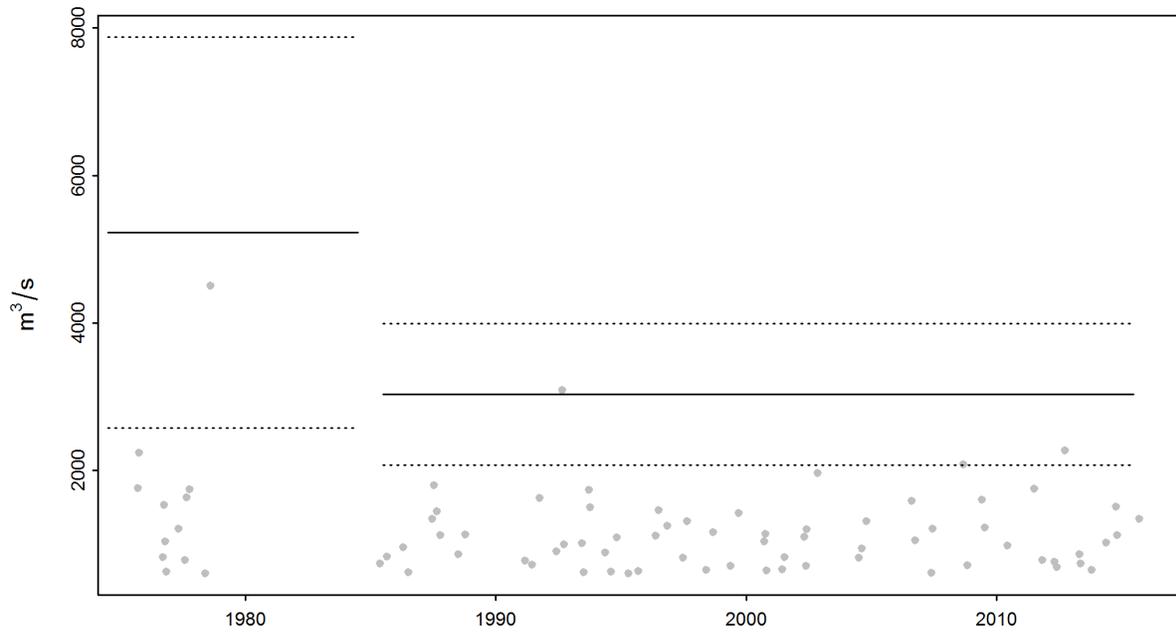


Figura 10: Variazione dell'  $HQ_{100}$  calcolato con la variante di modello «sigjump1985») e dell'intervallo di confidenza al 95 % (metodo delta; linee tratteggiate) nel periodo 1974-2015

### 3 Risultati a confronto

La figura 11 illustra gli  $HQ_T$  delle varianti di modello stazionarie e di quelle non stazionarie che si meglio adattavano ai dati in entrambe le procedure parametriche. Sia i valori che l'ampiezza degli intervalli di confidenza, i quali riflettono l'incertezza, variano fortemente. Generalmente queste differenze aumentano tanto più ampio è il periodo di ritorno  $T$  e tanto minore è la quantità di dati che sta alla base.

#### 3.1 Valutazione dei diversi periodi di analisi

Soltanto con l'approccio BLOCK, che si basa sull'analisi di massime mensili, è possibile analizzare il periodo 1970 - 2015. Per illustrare l'influsso del periodo di misurazione sono stati messi a confronto i risultati dell'approccio BLOCK per i diversi periodi di analisi:

Periodo	$HQ_T$	Intervallo di confidenza
Periodo di riferimento / Intero periodo di analisi	Quasi identici	leggermente superiori

L'intero periodo di analisi si differenzia dal periodo di riferimento solo per quattro anni. Per questo motivo, anche nelle analisi le differenze sono appena visibili. Considerata la quantità ridotta di dati, nel periodo di riferimento l'intervallo di confidenza è leggermente più ampio rispetto all'intero periodo di analisi.

#### 3.2 Raffronto generico dei diversi approcci di modello

Alla figura 11 e alla tabella corrispondente sono riassunti i risultati dei diversi approcci di modello. Ne risulta quanto segue:

##### **Differenze nei risultati degli $HQ_T$ calcolati per i due approcci:**

Gli  $HQ_T$  dell'approccio POT della variante stazionaria sono equivalenti a quelli dell'approccio BLOCK. Nel caso di modello non stazionario dell'approccio POT, gli  $HQ_T$  sono chiaramente inferiori a quelli dell'approccio BLOCK.

##### **Differenze negli intervalli di confidenza calcolati per i due approcci:**

In generale, le incertezze e di conseguenza gli intervalli di confidenza aumentano in funzione dell'ampiezza del periodo di ritorno  $T$ . Gli intervalli di confidenza dei diversi approcci si differenziano soltanto minimamente. Tuttavia, l'intervallo di confidenza dell'approccio POT della variante non stazionaria è molto più ridotto.

##### **Varianti stazionarie e non stazionarie a confronto:**

Nel caso dell'approccio POT, una variante non stazionaria può migliorare in misura limitata la qualità del modello, poiché nel modello viene inclusa la lieve diminuzione delle grandi piene a partire dal 1985. I valori di ritorno calcolati per il 2015 sono pertanto inferiori a quelli delle varianti di modello stazionarie. Poiché le variazioni non sono riconducibili in modo inequivocabile a una causa, non è possibile esprimersi sull'evoluzione futura.

I risultati di queste analisi statistiche costituiscono soltanto una delle numerose basi per rispondere a questioni concrete. Per stimare il rischio di piena sono indispensabili tra l'altro conoscenze dei processi idrologici nel bacino imbrifero nonché riflessioni sugli scenari «worst case» per le precipitazioni e le portate. La divisione Idrologia dell'UFAM raccomanda un modo di procedere di tipo «idrologico-argomentativo» come proposto da Merz e Böschl (2008, citato in DWA 2012:52).

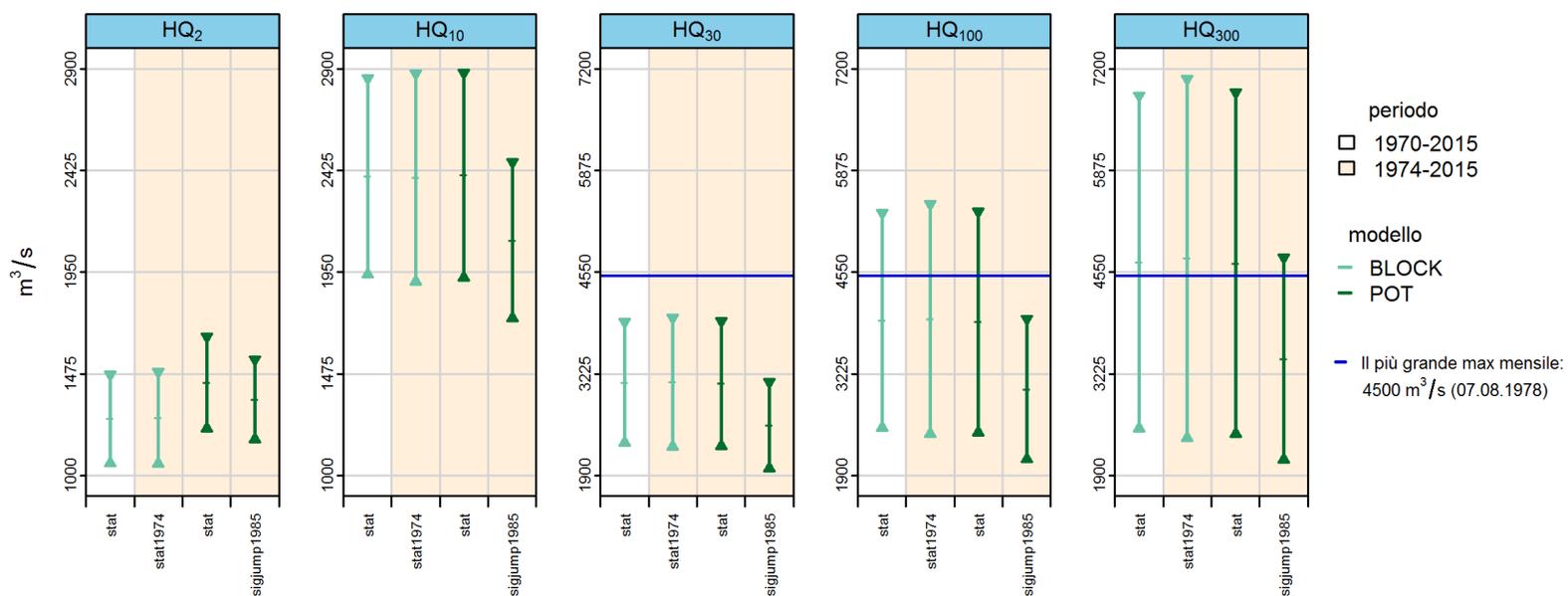


Figura 11:  $HQ_T$  [ $m^3/s$ ] compreso un intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con le varianti di modello stazionarie e quelle più adatte degli approcci BLOCK e POT per il anno 2015

Periodo di analisi	Approccio	Adattamento			Osservazione
1970 - 2015	BLOCK stat	buono	buono	cattivo	il valore più elevato molto fortemente sottostimato
1974 - 2015	BLOCK stat	buono	buono-medio	cattivo	il valore più elevato molto fortemente sottostimato
1974 - 2015	POT stat	buono	medio	cattivo	il valore più elevato molto fortemente sottostimato
	POT sigjump1985	buono	buono	medio-cattivo	valori più elevati fortemente sottostimati alcuni valori sono più vicini alla diagonale unitaria

## 4 Bibliografia

*Baumgartner, E., Boldi, M.-O., Kan, C., Schick, S. (2013):* Hochwasserstatistik am BAFU - Diskussion eines neuen Methodensets. Wasser Energie Luft, quaderno 2/2013. Baden (in tedesco).

*Coles, S. (2001):* An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer. Londra (in inglese).

*DWA (ed.) (2012):* Merkblatt DWA-M 552. Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Hennef (in tedesco).

*UFAEG (ed.) (2003a):* Dizionario della protezione contro le piene. Haupt Verlag, Berna.

*UFAEG (ed.) (2003b):* Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Praxishilfe. Berichte des BWG. Serie Wasser n. 4, Berna (in tedesco).

*UFAM (2017):* Guida ai rapporti delle stazioni relativi alla statistica sulle piene. UFAM, Berna.

# Allegato

## A Determinazione del valore soglia per delimitare i valori estremi

Il valore soglia  $u$  per delimitare i valori estremi dell'approccio POT per il periodo di analisi 1974 - 2015 (cfr. cap. 2.2.1) viene fissato sulla base del «mean residual life plot», a  $598 \text{ m}^3/\text{s}$  (cfr. figura 12).

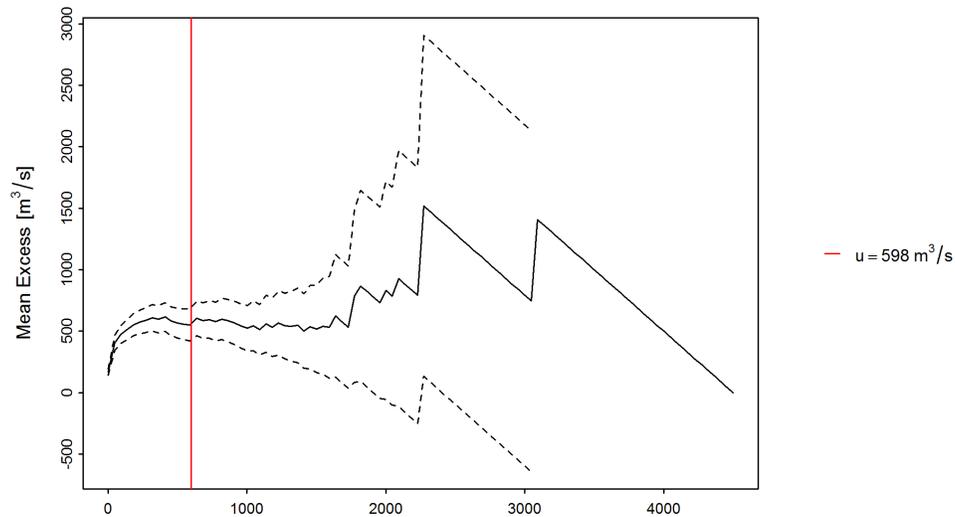


Figura 12: «mean residual life plot» con valore soglia scelto  $u$  (linea rossa), «mean excess» (linea nera), intervallo di confidenza al 95 % (linee tratteggiate)

## B Glossario

Periodo di analisi	Periodo limitato all'origine di un campione delle portate di piena considerato rappresentativo per la popolazione statistica. Si parte dal presupposto che il campione rispecchia il più possibile le caratteristiche della popolazione statistica.
Statistica della devianza	La statistica della devianza consente di studiare la capacità di adattamento di un modello a un determinato set di dati.
Metodo delta	L'UFAM utilizza il metodo delta per calcolare gli intervalli di confidenza nei return level plot. Il metodo si basa su uno sviluppo di Taylor della funzione $HQT$ e su una distribuzione asintotica normale (per dettagli tecnici cfr. Coles 2001, pag. 33).
Qualità, anche capacità di adattamento o adattamento	Misura della differenza tra un modello statistico (valori teorici) e una serie di osservazioni o misurazioni (dati empirici).
$HQ_T$	Portata di piena determinata mediante una funzione di distribuzione per un determinato periodo di ritorno $T$ . L' $HQ_T$ è un valore stimato che può situarsi al di sopra o al di sotto del valore reale della portata di piena con un periodo di ritorno statistico pari a $T$ anni. L' $HQ_T$ viene anche denominato valore di ritorno. Gli $HQ_T$ calcolati mediante le procedure parametriche valgono per l'intero periodo (caso stazionario) o per l'anno di riferimento (caso non stazionario).
Intervallo di confidenza	Gli intervalli di confidenza descrivono l'incertezza dell'output di un modello statistico. Considerano i difetti del modello stesso, ma non altre incertezze (ad es. errori nella misurazione).
Metodo della massima verosimiglianza	Denominazione di una procedura che stima i parametri di una funzione di distribuzione a partire dalle informazioni relative a un campione.
Procedure parametriche	Un obiettivo fondamentale della statistica è ricavare, mediante i dati relativi a un campione, informazioni non ancora note sulla popolazione statistica. A tal fine si prestano ad esempio procedure parametriche che suppongono che la popolazione statistica abbia una determinata ripartizione delle probabilità, la quale viene determinata in modo univoco attraverso uno o più parametri. Entrambe le procedure considerate si basano sulla distribuzione generale degli estremi (BLOCK), rispettivamente sulla distribuzione generale di Pareto (POT), in quanto queste distribuzioni sono quelle che riflettono meglio la natura dei dati (block maximum o dati a partire da un determinato valore soglia) (cfr. Coles 2001).
Approccio «Block Maximum» (BLOCK)	Definisce il valore massimo all'interno di un intervallo di tempo (block, nel caso in esame un anno) come valore estremo (cfr. <a href="#">guida</a> cap. 2.1.1 o Coles 2001, cap. 3.1).
Approccio «Peaks Over Threshold» (POT)	In questo approccio i valori sono considerati eventi estremi se superano un valore soglia $u$ (in $m^3/s$ o $l/s$ ). Il trattamento dei dati avviene al netto dei cluster (cfr. <a href="#">guida</a> cap. 2.1.2 o Coles 2001, cap. 4.2).

Probability Plot (P-P-Plot)	Strumento grafico esplorativo nel quale le funzioni di ripartizione di due variabili statistiche vengono riportate una di fronte all'altra per compararne le distribuzioni. Qui: somma delle frequenze empiriche vs. funzione di distribuzione cumulata teorica. Meglio i dati sono posizionati lungo la diagonale unitaria, più si può supporre che le ipotesi del modello siano corrette (contiene le stesse informazioni del Q-Q plot, raffigurate su una scala diversa).
Quantile Plot (Q-Q-Plot)	Strumento grafico esplorativo nel quale i quantili di due variabili statistiche vengono riportati uno di fronte all'altro per compararne le distribuzioni. Qui: valori di portata osservati vs. dati relativi alle portate calcolati per mezzo di un modello. Se i quantili empirici e teorici corrispondono approssimativamente, nel grafico i valori si trovano vicino alle diagonali (contiene le stesse informazioni del P-P plot, rappresentate su una scala diversa). N.B.: i quantili teorici vengono calcolati a partire dalla funzione inversa della funzione di distribuzioni. Per un raffronto ottico diretto con il probability plot corrispondente, gli assi del quantile plot sono pertanto invertiti.
Stazionarietà	Se presso una stazione di misurazione si osserva che l'andamento delle portate durante il periodo di analisi non subisce variazioni di rilievo, si raccomanda di utilizzare un modello stazionario. Nel caso stazionario, si suppone che tutti i parametri della funzione di ripartizione rimangano costanti durante l'intero periodo di analisi.
Non stazionarietà	I modelli non stazionari vengono utilizzati per descrivere un andamento delle portate soggetto a variazioni nel tempo. Tali cambiamenti possono essere ricondotti alla sostituzione di strumenti o metodi di misurazione, al dislocamento della stazione, a cambiamenti nel corso d'acqua o a infussi antropogeni. Nel caso di questi ultimi, solitamente i cambiamenti non possono essere attribuiti a un singolo intervento, ma sono costituiti dalla sovrapposizione di diverse misure attinenti all'economia delle acque. Se si ipotizza che i dati subiscano variazioni nel tempo, i parametri della funzione di ripartizione corrispondente vengono modellizzati in funzione del tempo. Ciò comporta un cambiamento nel tempo anche degli $HQ_T$ calcolati.
Funzione di distribuzione	Descrive la popolazione statistica delle portate di piena in un bacino imbrifero. La funzione di distribuzione indica le probabilità che una portata di piena $HQ$ venga raggiunta o meno in un anno.
Ripartizione empirica della frequenza	Può essere determinata a partire dal campione scelto.
Ripartizione teorica della probabilità	A partire dal campione scelto si riferisce alla popolazione statistica. Vi sono molteplici funzioni di ripartizione teoriche che soddisfano i presupposti per l'utilizzo nella statistica delle piene, ma nessuna che garantisca i risultati migliori per tutti i campioni.

---

Parametro di distribuzione	
$\kappa$ Parametro di forma (kappa)	Il parametro di forma $\kappa$ è direttamente correlato alla cosiddetta «heaviness of tail» della ripartizione. Con «tail» si intende il settore che presenta outlier verso l'alto. Se $\kappa$ è elevato, si suppone che questi outlier siano molti. Se invece i valori di $\kappa$ sono negativi, si suppone che per i valori estremi esista un limite massimo.
$\lambda$ Tasso di incidenza (lambda)	Nell'approccio POT il tasso di incidenza $\lambda$ corrisponde al numero medio di superamenti del valore soglia in un intervallo di tempo pari a un anno.
$\mu$ Parametro di posizione (mu)	Descrive la posizione media degli elementi del campione (qui: misurazioni delle portate) in riferimento alla scala di misurazione (qui: m <sup>3</sup> /s o l/s).

---