

Università degli Studi di Napoli “Federico II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

Tesi di Laurea in Infrastrutture Idrauliche

**L'Impatto climatico sul regime idrologico
delle Sorgenti del Serino (AV)**

Relatori:

Prof. Ing. Maurizio Giugni

Prof. Ing. Francesco De Paola

Ing. Gianluca Sorgenti degli Uberti

Candidato: Giuseppina Perrone

Matr. N49/221

Anno Accademico 2015/2016

Risorse idriche della Regione Campania

La Campania dispone di notevoli risorse idriche, derivanti da una piovosità media annua di circa **1000 mm**, pari a un volume complessivo di oltre **13 miliardi di m³**.

Le scaturigini più importanti sono:

- le sorgenti **Torano e Maretto** (Piedimonte Matese)



- le sorgenti di **Serino**



- le sorgenti di **Cassano Irpino** e di **Caposele**



Le Sorgenti del Serino (AV)

Le sorgenti di Serino si trovano in una zona circoscritta dall'alta valle del fiume Sabato (che sgorga a 1000 m s.l.m.m. nel massiccio dell'Accellica) e costituiscono un gruppo di rilevante importanza sia per la **portata elevata e costante nel tempo**, sia per le **caratteristiche qualitative della risorsa**.

Nella zona di Serino si trovano due gruppi sorgentizi:

- **Acquaro-Pelosi o "Sorgenti Alte"** (377 - 380 m s.l.m.m.) con portata media **$Q_m = 800$ l/s**;
- **Urciuoli o "Sorgenti Basse"** (330 m s.l.m.m.) con portata media **$Q_m = 1200$ l/s**.



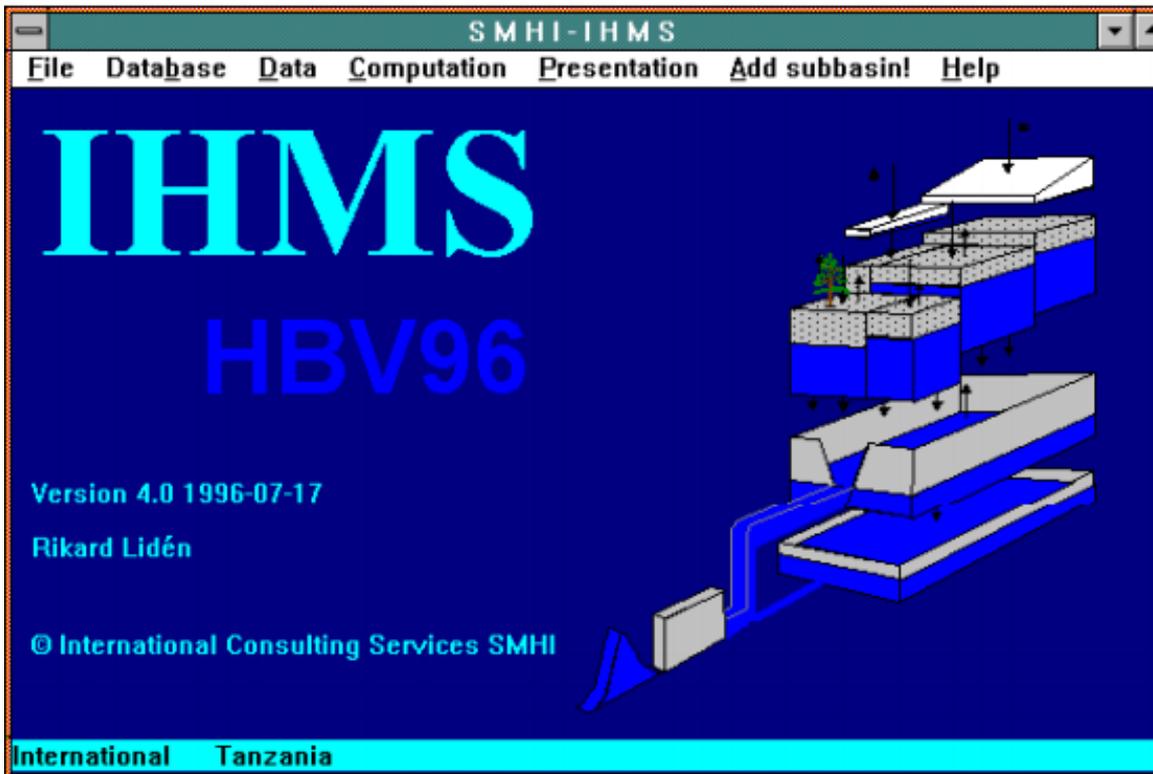
Obiettivo del Lavoro

Messa a punto di un modello per la **previsione della disponibilità idrica** delle **sorgenti del Serino (AV)**, le quali rappresentano una delle maggiori fonti di approvvigionamento del sistema idrico della Regione Campania.



Cos'è HBV?

- L'HBV (Dipartimento dell'Agenzia Idrologica) è un modello idrologico semi-distribuito di simulazione dei deflussi, basato sulla suddivisione del bacino idrografico in sottobacini, la cui prima versione risale al 1971.



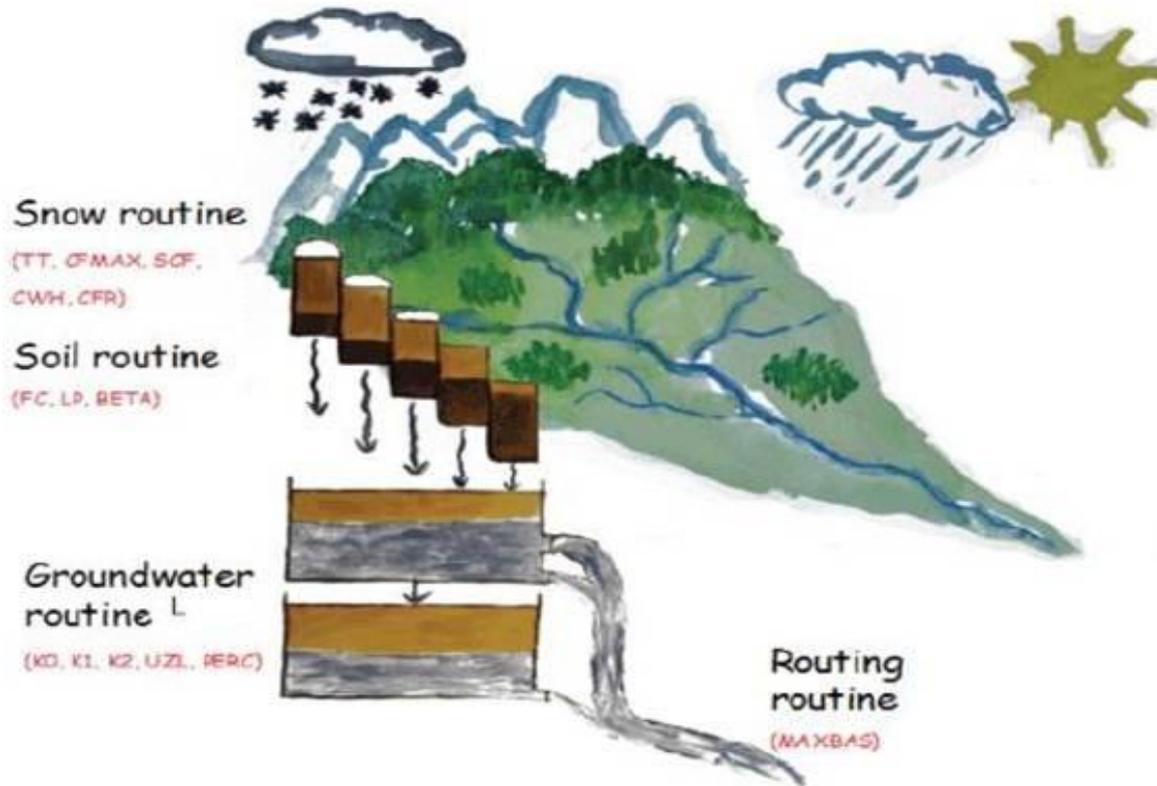
I dati di ingresso sono le Precipitazioni [mm] e le Temperature [°C].

Schema concettuale del modello HBV

La precipitazione media areale P_{area} è calcolata come media pesata dei dati provenienti dalle stazioni situate nel bacino e nelle vicinanze:

$$P_{area} = \sum c_i P_i$$

con c_i area di influenza della stazione.



Schema concettuale del modello HBV

- ▶ Lo **scioglimento della neve** viene così valutato:

$$M = C_{FMAX} (T(t) - TT) \quad (\text{mmd}^{-1})$$

dove C_{FMAX} è il fattore di gradi-giorno, che assume valori compresi tra 1.5 e 4 $\text{mmd}^{-1}\text{°C}^{-1}$.

- TT temperatura di soglia [°C];
- $T(t)$ temperatura media giornaliera [°C].

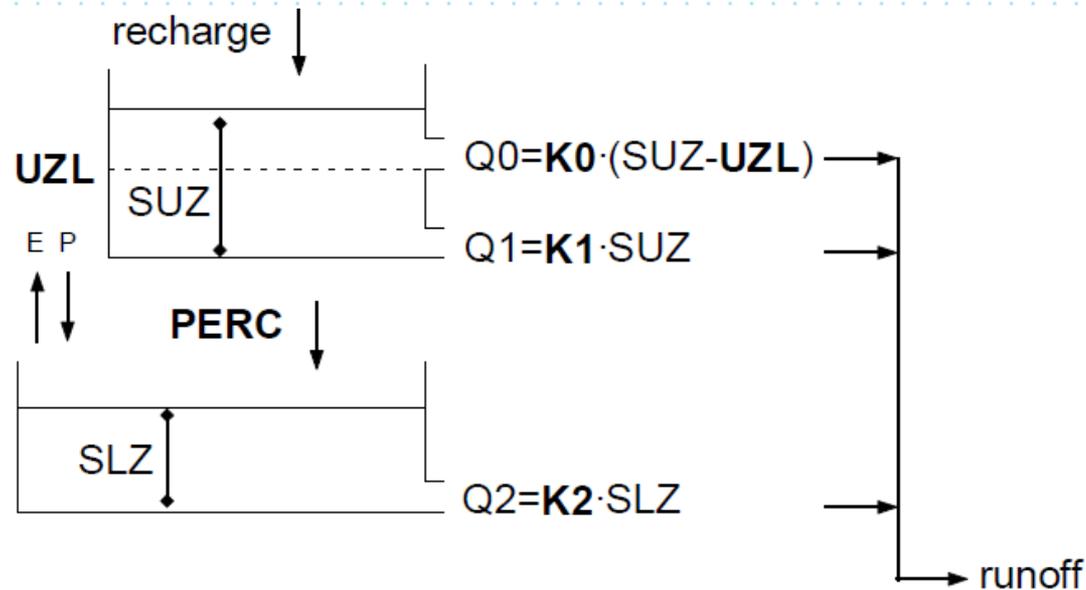
- ▶ La funzione di **umidità del suolo** serve a valutare il flusso delle acque sotterranee (*recharge*) attraverso la formula:

$$\frac{\text{recharge}}{P} = \left(\frac{S_{sm}}{FC} \right)^\beta$$

- P è la quantità in input al terreno di pioggia e neve disciolta [mm];
- FC è il massimo accumulo di umidità nel suolo [mm];
- S_{sm} è l'umidità del suolo [mm];
- β parametro di controllo dell'incremento dell'umidità del suolo per ogni mm di pioggia [-].

► La **funzione di risposta** trasforma l'acqua in eccesso nel terreno in **deflusso**.

La funzione di risposta è schematizzata da due serbatoi: quello superiore rappresenta l'acqua sotterranea poco profonda, mentre quello inferiore la falda più profonda.



$$Q_{GW} = K_2 \cdot S_{LZ} + K_1 \cdot S_{UZ} + K_0 \cdot \max(S_{UZ} - UZL, 0)$$

- UZL parametro di soglia [mm];
- SLZ è l'accumulo nella zona inferiore [mm];
- SUZ è l'accumulo nella zona superiore [mm];
- $PERC$ è la massima percolazione alla zona profonda [mm day⁻¹];
- K_1, K_2 e K_3 parametri di recessione [day⁻¹].

Calibrazione del modello

Il coefficiente di efficienza R_{eff} è normalmente utilizzato per l'autocalibrazione del modello HBV, mediante il confronto tra la portata simulata dal modello e il valore medio osservato sul periodo considerato:

$$R_{eff} = 1 - \frac{\Sigma [Q_{sim}(t) - Q_{obs}(t)]^2}{\Sigma [Q_{obs}(t) - \overline{Q_{obs}}]^2}$$

con:

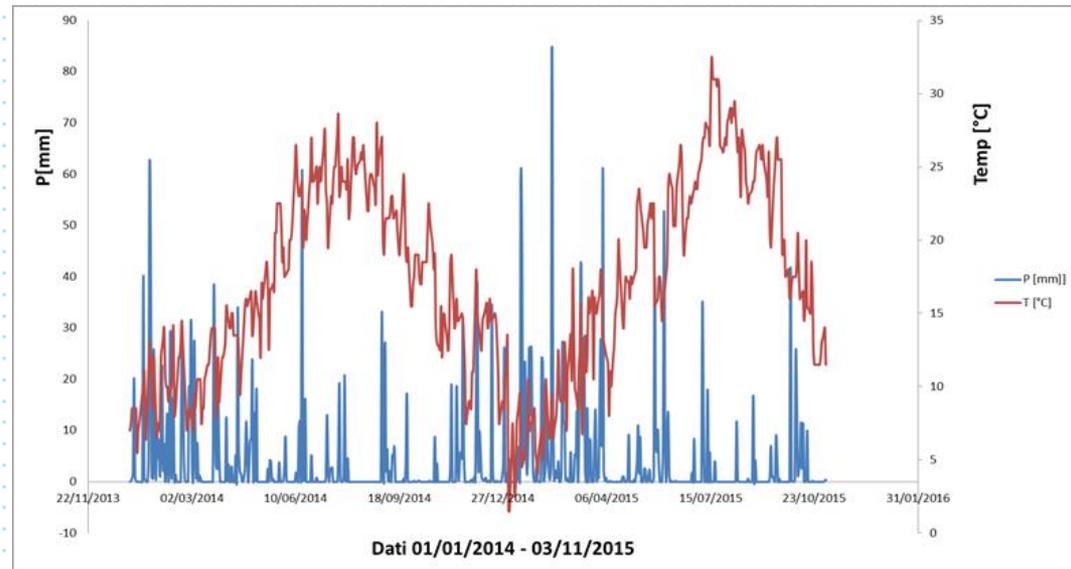
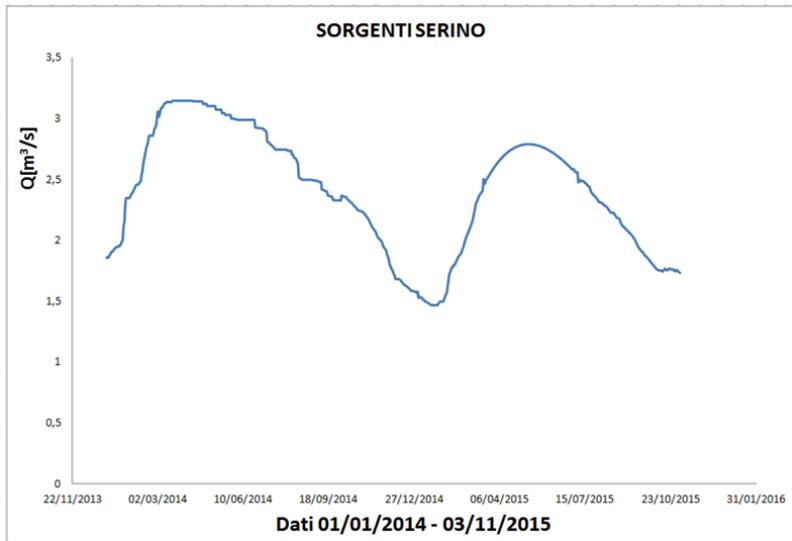
$R_{eff} = 1$ Adattamento perfetto con $Q_{sim} = Q_{obs}$;

$R_{eff} = 0$ Adattamento imperfetto;

$R_{eff} < 0$ Adattamento inadeguato.

Applicazione del modello

La conoscenza dei dati di **Pioggia**, **Temperatura** e **Portata Media Giornaliera** delle sorgenti relative al periodo **01/01/14 - 03/11/15**, forniti da **ABC (Acqua Bene Comune)** e riportati nelle seguenti figure, consente di effettuare una prima calibrazione.



Applicazione del modello

Per la calibrazione dei parametri del modello è stato utilizzato il metodo di ricerca stocastico dell' **Algoritmo Genetico** basato sul principio della sopravvivenza del migliore :

- si definiscono i limiti inferiore e superiore di ciascun parametro presente in figura;
- si calibrano i parametri mediante il metodo quadratico convergente di Powell (2002).

TT temperatura di soglia [°C];

CFMAX fattore di gradi-giorno [$\text{mm d}^{-1}\text{°C}^{-1}$];

SFCF coefficiente di neve [-];

CFR coefficiente correttivo per i ghiacciai [-];

CWH concentrazione di acqua di fusione [-];

FC massimo accumulo di umidità nel suolo [mm];

LP limite di evapotraspirazione potenziale [mm];

BETA parametro del suolo [-];

PERC massima percolazione dalla falda

superficiale a quella profonda [mm d^{-1}];

UZL parametro di soglia [mm];

K0, K1, K2 parametri di recessione [day^{-1}];

MAXBAS funzione di pesatura triangolare;

PCALT soglia di correzione dell'altitudine.

PARAMETRI MODELLO		
Vegetation zone parameters		
Parameter	Lower Limit	Upper Limit
TT	-2	10
CFMAX	0.01	10
SFCF	0.01	10
CFR	0.05	10
CWH	0.01	10
FC	100	550
LP	0.01	1
BETA	0.05	50

Catchment parameters		
Parameter	Lower Limit	Upper Limit
PERC	0	40
UZL	0	140
K0	0.1	0.9
K1	0.01	0.2
K2	5E-05	0.9
MAXBAS	1	10
Cet	0	0.9
PCALT	10	100
TCALT	0.6	5
Elev. of P	0	10
Elev. of T	0	10

GA - OPTIMIZATION



Snow Routine	
Veg. zone 1	
TT	6.3294341477
CFMAX	0.1217710573
SFCF	0.0679670860
CFR	5.6926788562
CWH	9.9533322713

Soil Moisture Routine	
Veg. zone 1	
FC	549.99962200
LP	0.9548482105
BETA	2.2993433015

Response Routine	
PERC	39.999702266
UZL	94.895868824
K0	0.1043905483
K1	0.0100000037
K2	0.0032464021

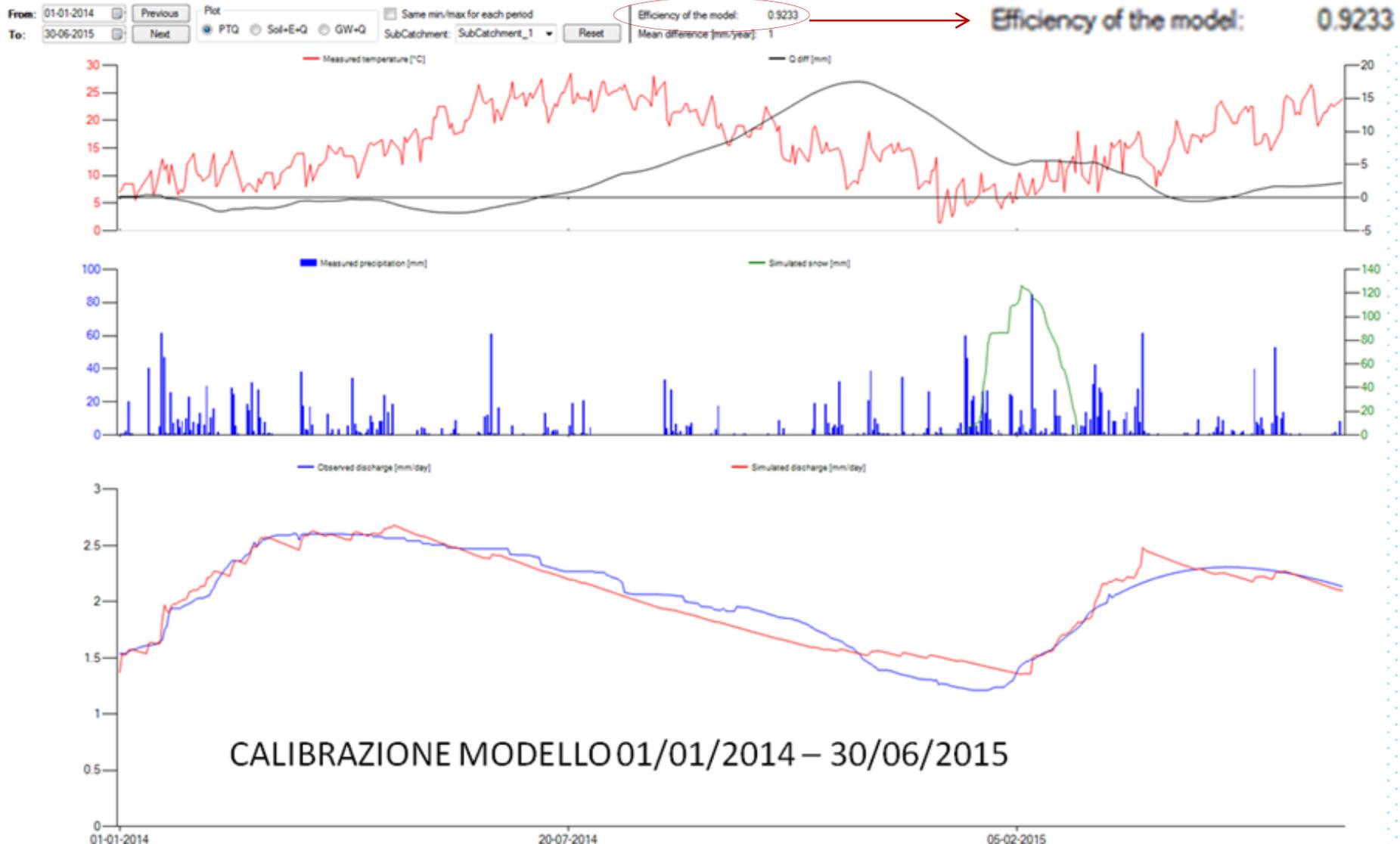
Routing Routine	
MAXBAS	1.2999045477

Other	
Cet	0.3204663457

Risultati

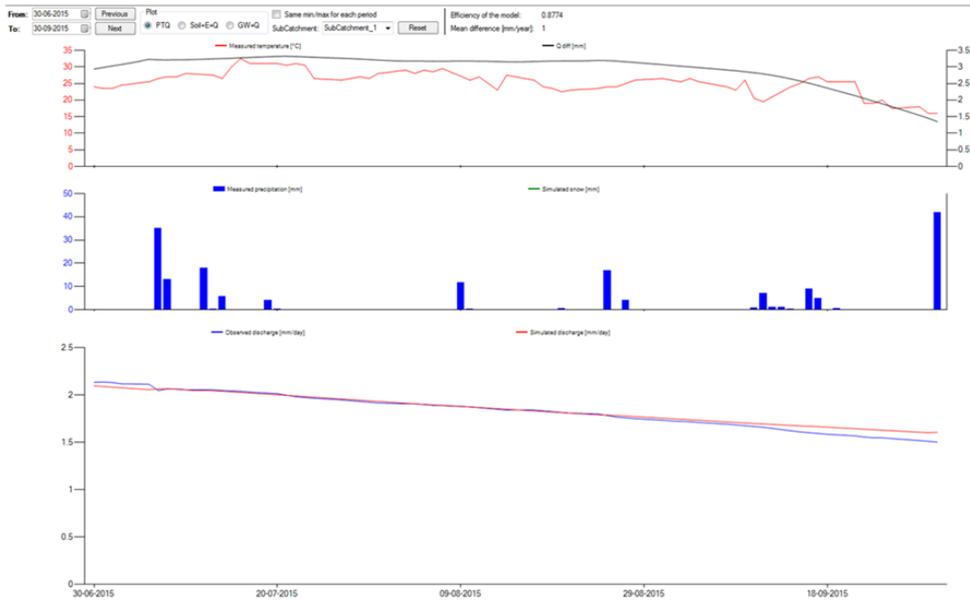
Previsione relativa al periodo temporale 30/06/15 - 30/09/15

Fase 1: si è immaginato di non conoscere i dati di pioggia e temperatura relativi agli ultimi tre mesi ed è stata eseguita la procedura di calibrazione fino al 30/06/15.



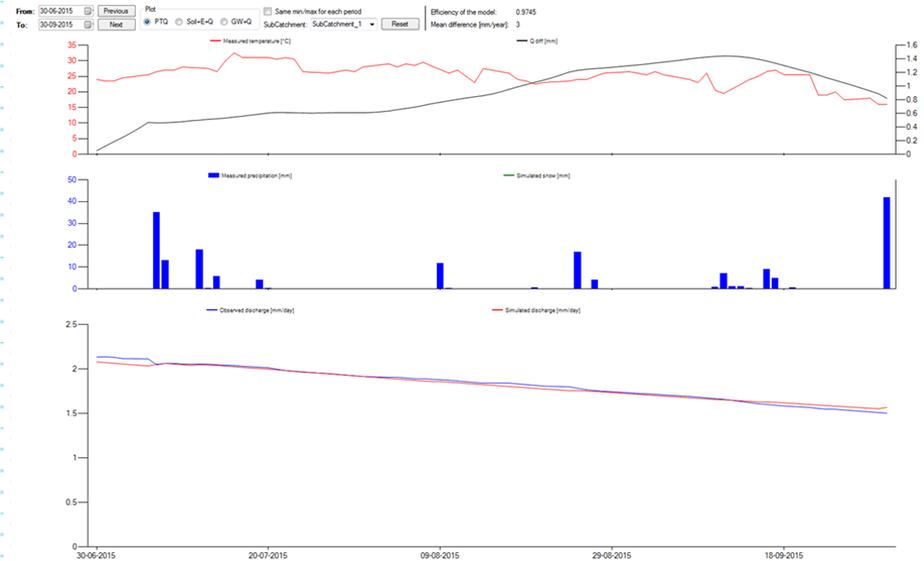
Risultati

Previsione relativa al periodo temporale 30/06/15 - 30/09/15



**EFFICIENCY:
87.74%**

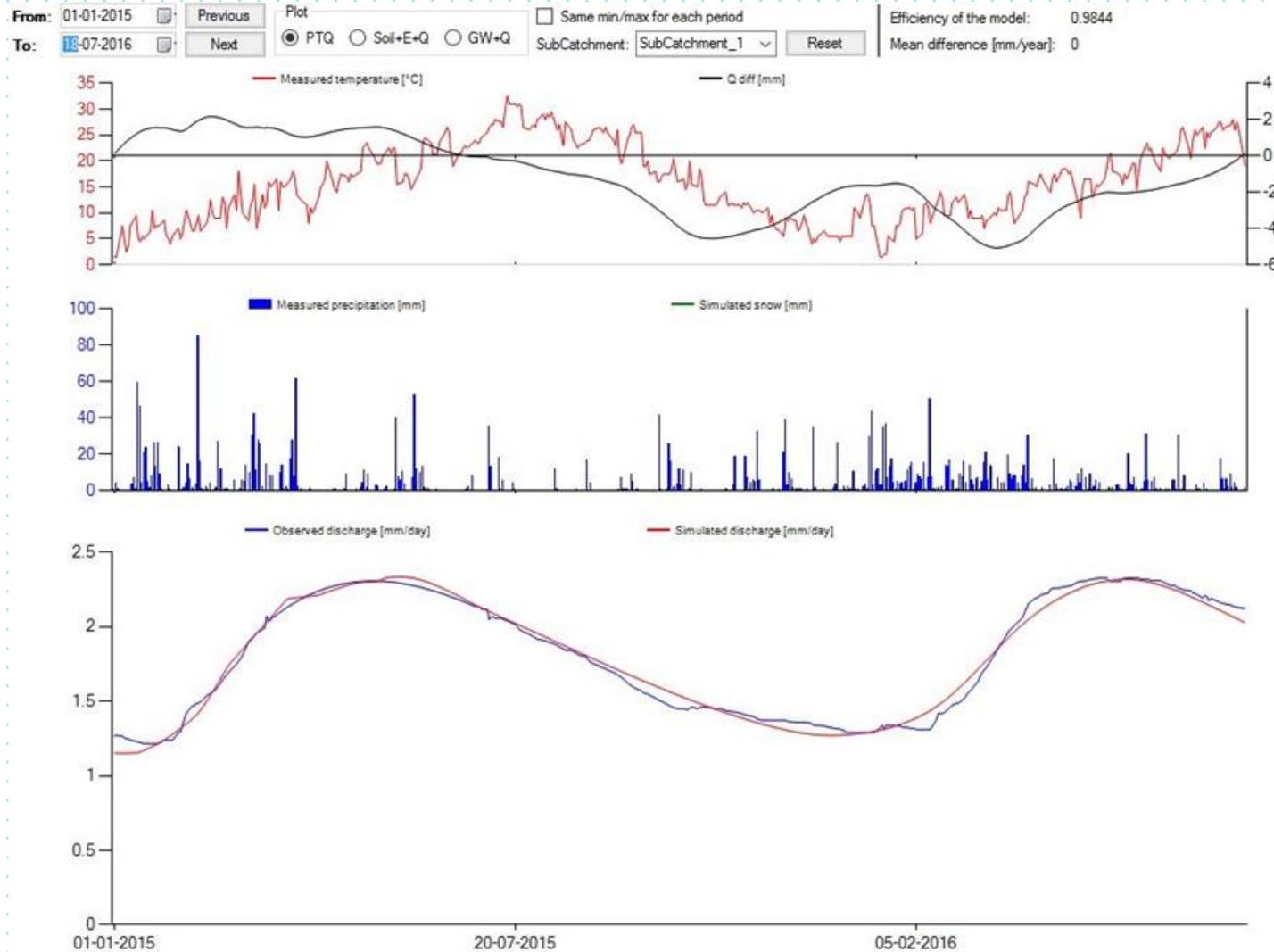
**EFFICIENCY:
97.45%**



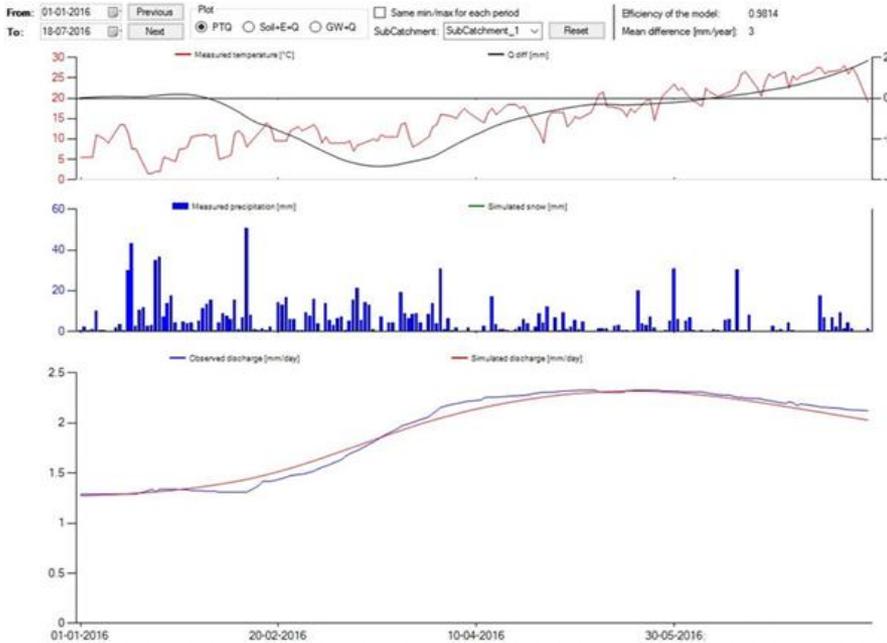
Risultati

Calibrazione relativa al periodo temporale 01/01/15 - 18/07/16

E' stata effettuata una calibrazione sulla base dei dati a disposizione di pioggia e temperatura dal **01/01/15** al **18/07/16**, utilizzando così dati più aggiornati.

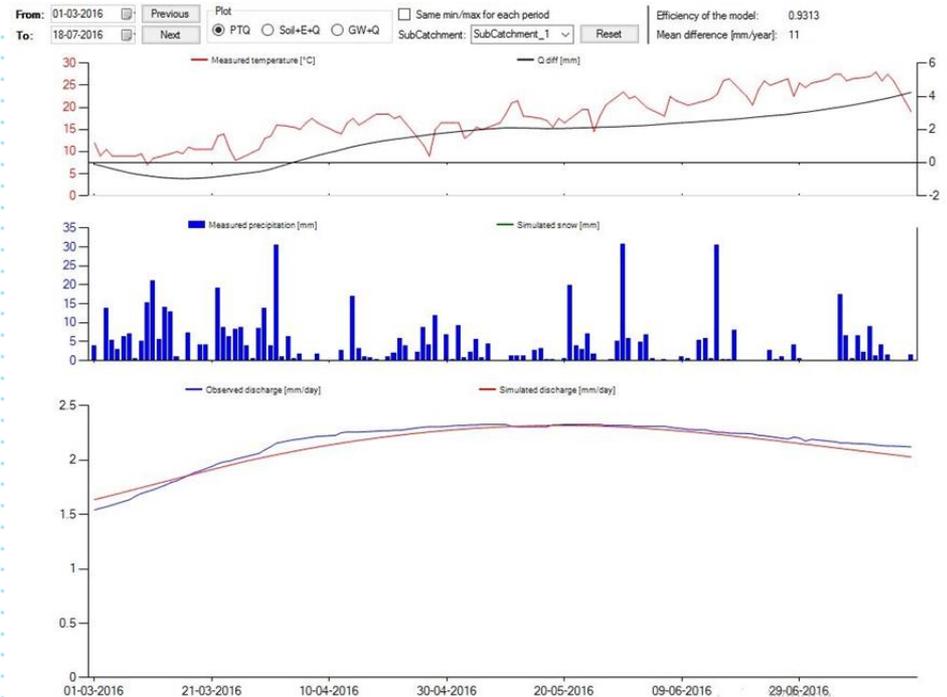


Risultati



A seguito di tale calibrazione si osserva come il modello simula le portate dal **01/01/16** al **18/07/16** e che l'efficienza rimane pressoché invariata attorno al **98%**.

EFFICIENCY: 98.14%



Considerando il periodo dal **01/03/16** al **18/07/16** l'efficienza si riduce al **93%**, essendo inferiore la numerosità del campione considerato.

EFFICIENCY: 93.13%

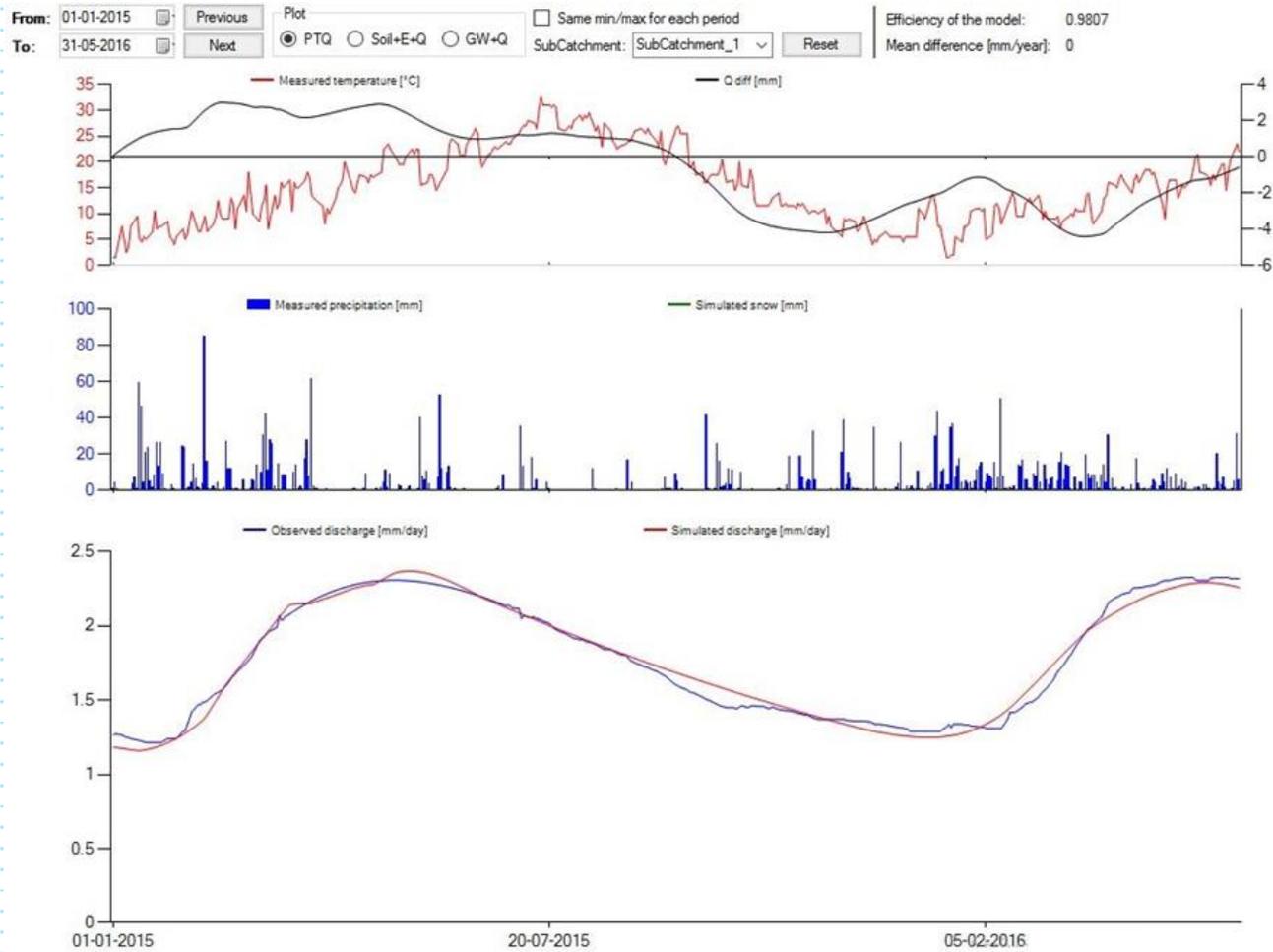
Risultati

Cambiando nuovamente periodo e considerando l'intervallo dal **01/05/16** al **18/07/16** riscontriamo una simulazione con efficienza di circa **68%**.



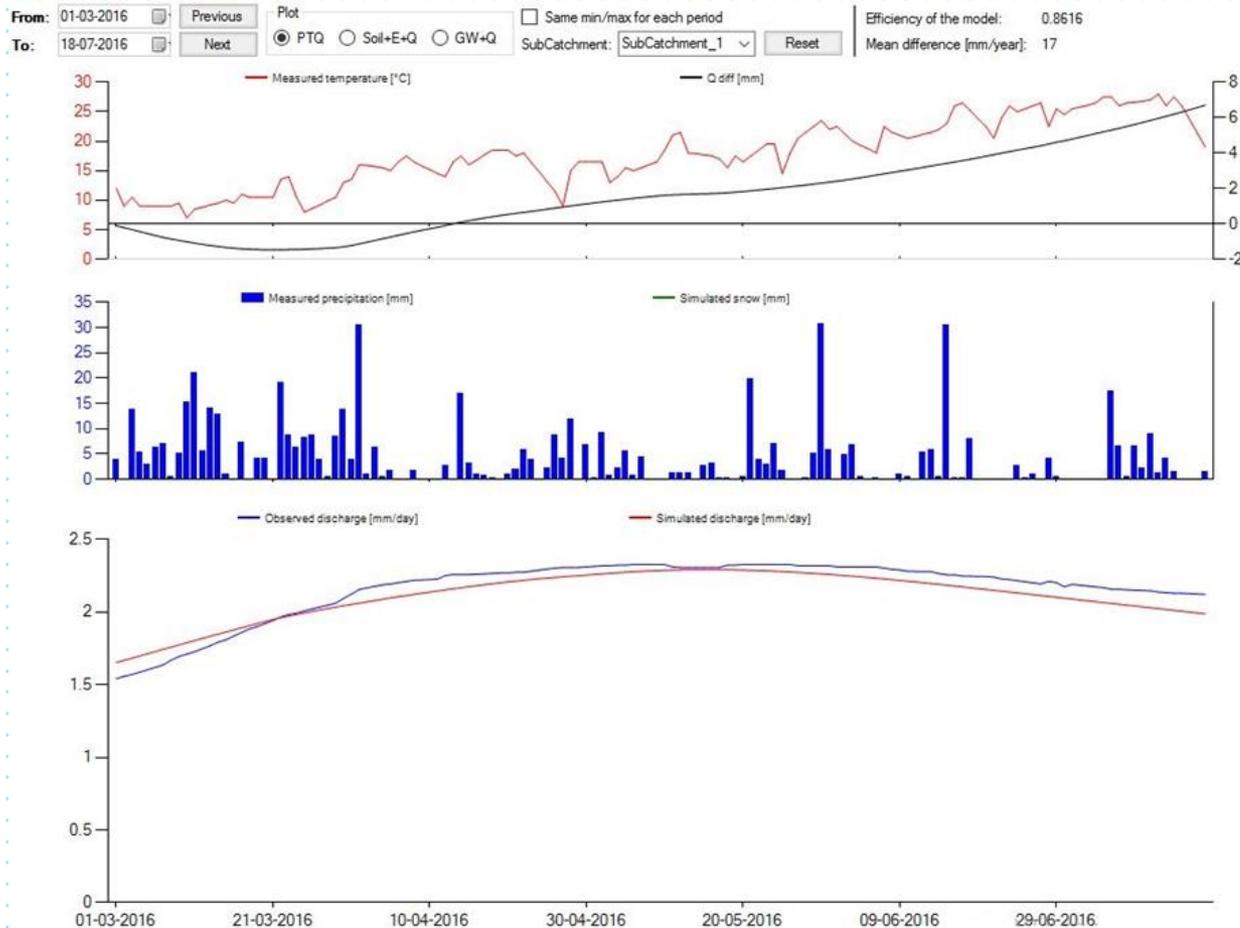
Risultati

Si è inoltre effettuata una nuova calibrazione dal **01/01/15** al **31/05/16** in ipotesi di mancata conoscenza dei dati relativi ai mesi di giugno e luglio, al fine di eseguire una previsione dal **01/03/16** al **18/07/16** e confrontarla con le risultanze relative alla calibrazione in funzione di tutti i dati disponibili.



Risultati

Tale previsione restituisce un'efficienza di circa l'**86%**, inferiore di quanto ottenuto con la precedente simulazione effettuata in funzione di un numero maggiore di dati (con efficienza del **93%**), seppur risultando ampiamente accettabile.



Conclusioni

- ▶ È possibile concludere affermando che nel caso in esame il modello utilizzato ha consentito di effettuare una previsione delle portate delle Sorgenti del Serino con buona affidabilità, con efficienze di previsione al di sopra dell'80%, a partire da un data set a scala giornaliera.
- ▶ Il modello in linea generale ha confermato la possibilità di ottenere risultati affidabili sia mediante l'input di un numero di parametri notevolmente ridotto, sia attraverso un'efficace procedura di autocalibrazione , anche in base a un data set di ridotte dimensioni.

Grazie per l'attenzione