

## ***Il modello di Thornthwaite e Mather***

Il primo modello di bilancio idrico è stato proposto da Thornthwaite nel 1948 e messo a punto dallo stesso Thornthwaite insieme a Mather nel 1955.

In questo modello, denominato anche modello T, si assume che la capacità limite del contenuto d'acqua,  $\varphi$ , rappresenti il massimo livello raggiungibile nel serbatoio 1 (si veda lo schema riportato in fig. 1). La variabile di stato che rappresenta il contenuto d'acqua del suolo alla fine del mese  $i$  è chiamata  $S_i$ ; essa può crescere fino al limite  $\varphi$  o decrescere, a seconda che la precipitazione mensile  $P_i$  risulti minore o maggiore dell'evapotraspirazione potenziale mensile  $ET_i$ . Nel primo caso, quando  $P_i > ET_i$ ,  $S_i$  è fornita da:

$$S_i = \min [S_{i-1} + (P_i - ET_i), \varphi] \quad (1)$$

e il contenuto d'acqua nel suolo  $S_i$  può aumentare fino al limite massimo  $\varphi$ . Al contrario, quando  $P_i < ET_i$  il livello del serbatoio si abbassa e ciò significa che il contenuto d'acqua del suolo diminuisce. La relazione diventerebbe quindi:

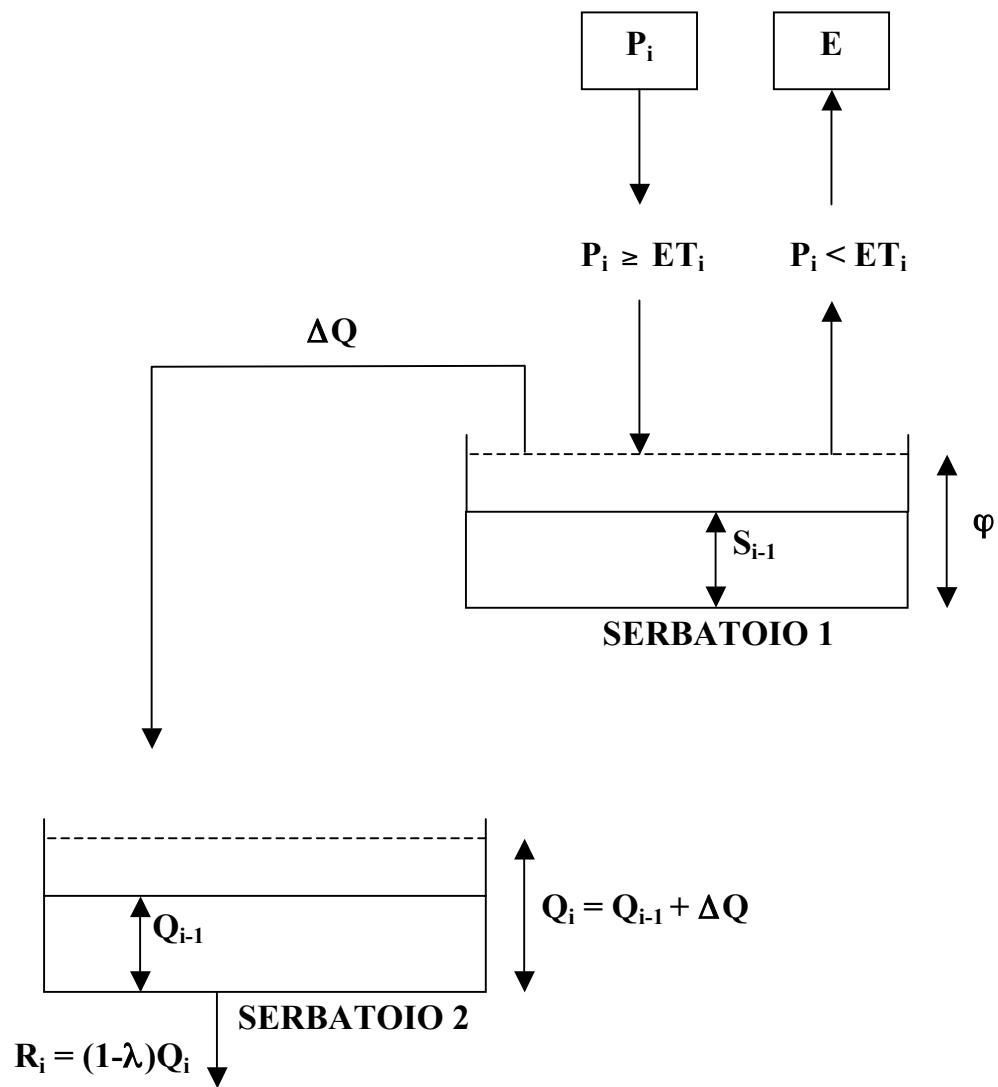
$$S_i = \max [0, S_{i-1} + (P_i - ET_i)] \quad (2)$$

Thornthwaite e Mather considerano però non realistica una evapotraspirazione effettiva che porti allo svuotamento dell'invaso del suolo. Al posto della (2) forniscono quindi una relazione non lineare tra il contenuto d'acqua del suolo e l'evapotraspirazione potenziale, da usarsi per il calcolo di  $S_i$  quando  $P_i < ET_i$ :

$$\frac{\Delta S}{\Delta T} = -\frac{(ET_i - P_i) \cdot S_i}{\varphi}$$

La soluzione di questa equazione è:

$$S_i = S_{i-1} \exp \left[ -\frac{(ET_i - P_i)}{\varphi} \right]$$



**Fig. 1** Schema del modello T-M.

Ne risulta un valore di evapotraspirazione effettiva inferiore ad  $ET_i$  e pari a:

$$ETE_i = P_i + \Delta S = P_i + S_i - S_{i-1}$$

Il deficit di contenuto d'acqua o umidità del suolo alla fine del mese  $i$ ,  $D_i$ , è conseguentemente definito come:

$$D_i = \varphi - S_i$$

Quando la precipitazione mensile  $P_i$  è maggiore della evapotraspirazione potenziale  $ET_i$  e il contenuto d'acqua del suolo raggiunge la sua capacità massima,  $\varphi$ , l'acqua in eccesso indicata con  $\Delta Q$  è pari a:

$$\Delta Q = S_{i-1} + (P_i - ET_i) - \varphi$$

va a scaricarsi nel serbatoio 2 e si somma all'acqua del mese precedente,  $Q_{i-1}$ ; il livello del serbatoio 2 diventa:

$$Q_i = Q_{i-1} + \Delta Q$$

Nel modello si assume che il deflusso nel mese  $i$  derivi dal volume immagazzinato  $Q$ . In particolare, una frazione  $\lambda Q_i$  dell'acqua immagazzinata rimane nel sottosuolo, mentre la parte  $(1-\lambda)Q_i$  diventa deflusso. Il deflusso relativo al mese  $i$  è quindi:

$$R_i = (1 - \lambda) \cdot Q_i = (1 - \lambda) \cdot (Q_{i-1} + \Delta Q)$$

e la ricarica alla falda alla fine del mese  $i$ ,  $Q_i$ , risulta essere:

$$Q_i = \lambda \cdot (Q_{i-1} + \Delta Q)$$

La frazione  $\lambda$  varia con la profondità e la composizione del sottosuolo, oltre che con la dimensione e la geografia del bacino. Originariamente Thornthwaite e Mather (1955) hanno suggerito di porre  $\lambda = 0.5$  anche se poi Mather (1975) ha notato che, nel New Jersey, per piccoli bacini, con terreno prevalentemente sabbioso era più adatto il valore 0.75.

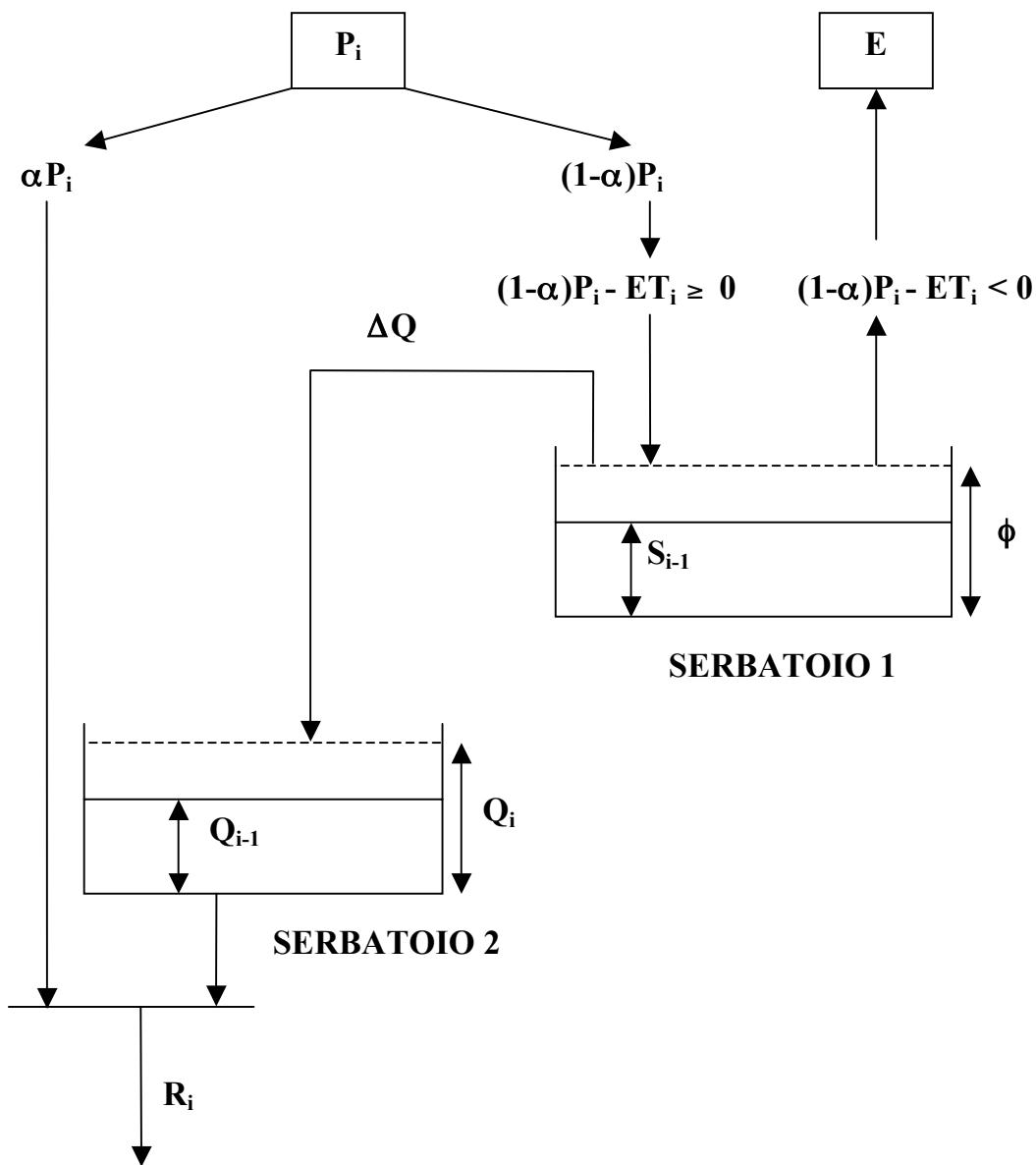
### ***Il modello $T\alpha$***

I modelli tipo T, originariamente sviluppati, come detto nel paragrafo precedente, negli anni '50 da Thornthwaite e Mather, ipotizzano che il deflusso possa essere alimentato dalla precipitazione solamente dopo la saturazione della capacità limite del contenuto d'acqua del suolo.

La rimozione di questa ipotesi, forse troppo semplicistica, ha portato all'elaborazione di modelli di tipo T modificati; Rushton e Ward (1979) hanno proposto il modello  $T\alpha$ , del quale nella Fig. 2 è riportata una semplice schematizzazione.

Nel modello  $T\alpha$  si assume, che una frazione  $\alpha$  della precipitazione che si verifica in un dato mese contribuisca immediatamente e direttamente al deflusso dello stesso mese e che, quindi nel serbatoio 1 si scarichi solo la parte rimanente e cioè  $(1 - \alpha)P_i - ET_i$ . A parte questa modifica, il modello si sviluppa come il modello del tipo T.

La modifica al modello implica, quindi, l'alimentazione del deflusso da una parte delle precipitazioni anche quando la capacità limite  $\varphi$  del contenuto d'acqua del suolo non è superata.



**Fig. 2** Schema del modello  $T\alpha$ .