

## STIMA DELLO SNOW WATER EQUIVALENT CON UN MODELLO DI ACCUMULO E SCIoglimento NEVOSO E SUA APPLICAZIONE IN EMILIA-ROMAGNA

Fausto Tomei<sup>1\*</sup>, Andrea Spisni<sup>1</sup>, Cesare Govoni<sup>1</sup>, Marco Bittelli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Arpa Simc - Bologna

<sup>2</sup> DEIAGRA - Facoltà di Agraria, Bologna

\* ftopei@arpa.emr.it

### Riassunto

Il contenuto equivalente in acqua del manto nevoso (*Snow Water Equivalent*, SWE, mm) riveste notevole importanza nel bilancio idrologico, costituendo una ingente riserva idrica con capacità di rilascio graduale al suolo e al tempo stesso un fattore da monitorare nella catena di controllo e di allerta idrogeologica. Arpa Simc ha sperimentato l'uso di un modello di accumulo e scioglimento nevoso per la stima dello SWE sulla chiusura dei bacini idrografici di competenza regionale. Le mappe prodotte dal modello vengono confrontate ed eventualmente corrette da dati satellitari. Il modello utilizzato presenta il vantaggio, rispetto ad altri analoghi, di richiedere in input unicamente dati meteorologici orari e di presentare un basso costo computazionale.

**Parole chiave:** Neve, copertura nevosa, bilancio di massa-energia, satellite.

### Introduzione

Lo SWE accumulato sui bacini idrografici è un fattore chiave da monitorare nella catena di allerta idrogeologica, ma è assai difficile produrne una stima senza utilizzare un modello di accumulo e scioglimento nevoso, poiché gli altri strumenti disponibili presentano forti limitazioni. Le foto satellitari, utilizzabili solo nei giorni sereni, forniscono precise indicazioni sulla localizzazione dell'innnevamento ma non danno informazioni circa l'accumulo. I nivometri forniscono indicazioni di altezza del manto nevoso, che è un dato idrologicamente meno significativo, poiché non può essere convertito in SWE se non si conosce la densità del manto, fortemente variabile nel tempo. Inoltre la distribuzione dei nivometri sul territorio della regione Emilia-Romagna è scarsa e limitata ad alcune zone montane, quindi non è possibile una sua spazializzazione.

### Materiali e metodi

I modelli di stima dello SWE si possono suddividere in due categorie: modelli empirici (basati tipicamente su cumulate termiche) e modelli numerici, fisicamente basati, che effet-

tuano un bilancio di massa ed energia del manto nevoso. I modelli numerici risolvono il bilancio utilizzando uno schema a differenze finite su una struttura *multi-layered* che rappresenta il manto nevoso. Richiedono però una ingente e spesso non disponibile mole di dati e parametri in input e presentano un alto costo computazionale. Una sottocategoria interessante è costituita da modelli numerici semplici che approssimano i modelli 'ideali' con meno variabili di input e riducono la complessità computazionale considerando un solo livello che include il manto nevoso ed un sottile strato di suolo. Arpa-Simc ha implementato lo schema di uno di questi (*snow accumulation and melt*, SAM) sviluppato presso la University of Idaho (Brooks *et al.*, 2007) all'interno del suo software di bilancio idrico Criteria3D (Bittelli *et al.*, 2010). Il modello richiede in input unicamente dati meteorologici orari (temperature, precipitazioni, umidità, radiazione, vento) che vengono rilevati in automatico dalle stazioni agrometeo della regione Emilia-Romagna e spazializzati con opportuni metodi dal software di analisi dati meteorologici PRAGA, al dettaglio di 500 m. Il punto debole della catena è costituito dalla

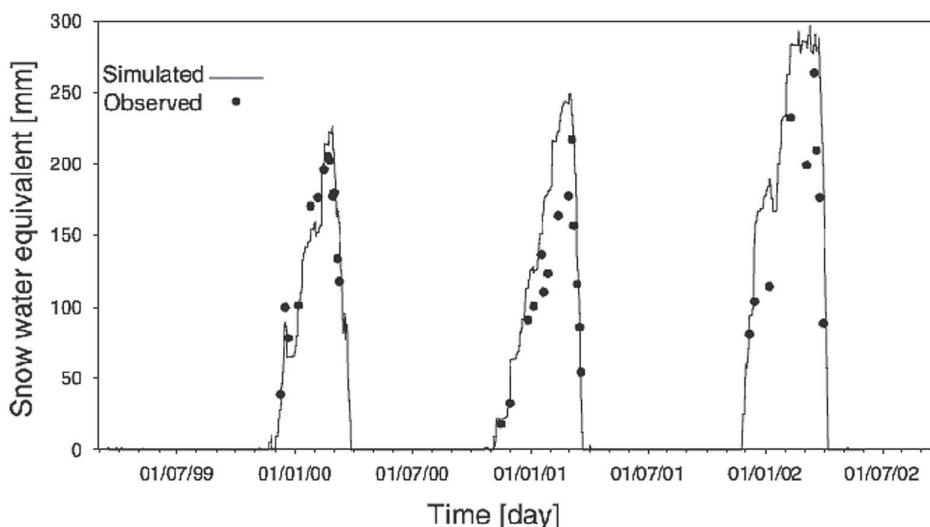
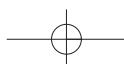


Fig. 1 - Confronto tra SWE (mm) osservata e simulata a Troy - Idaho, USA per il periodo 2000-2002.



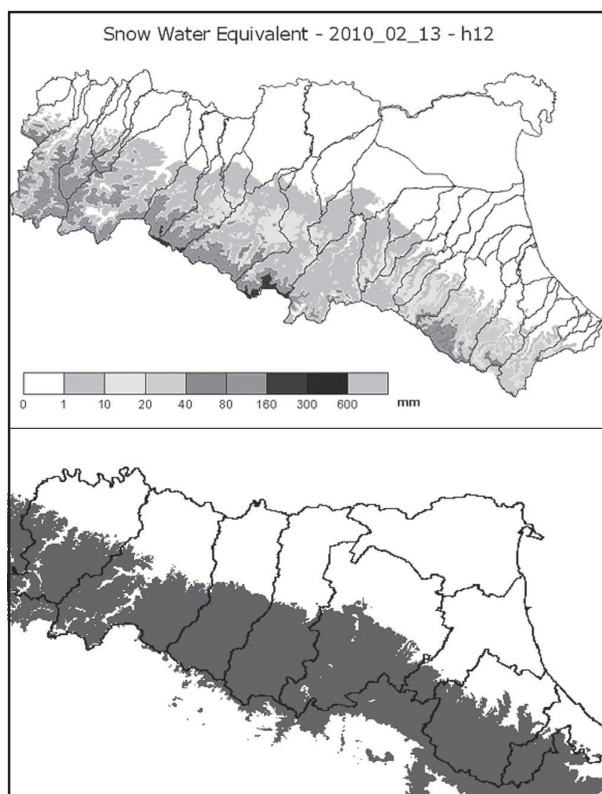


Fig. 2 - In alto mappa di SWE (mm) simulato sulla chiusura dei bacini dell'Emilia-Romagna il 13/02/2010; in basso, innevamento sulla regione calcolato attraverso analisi di foto satellitare per lo stesso giorno.

scarsità di pluviometri riscaldati in regione, infatti durante gli eventi nevosi i pluviometri non riscaldati non registrano precipitazioni, falsando completamente la simulazione. È pertanto necessario un controllo manuale sui dati di input che rende il processo non automatico.

### Risultati

Il modello SAM è stato testato nel bacino sperimentale di Troy, Idaho, nel periodo 1999-2002. La figura 1 mostra il confronto tra lo SWE misurato a intervalli regolari in un punto di osservazione del bacino e la simulazione prodotta dal modello. Questa presenta un leggero eccesso nella stima durante

l'inverno 2000-01, ma risulta coerente e ben correlata ( $R^2 = 0.86$ ) con le osservazioni.

Uno studio simile svolto a Doccia di Fiumalbo (Modena) per testarne la validità sul territorio regionale ha dato analoghi risultati. La figura 2 mostra un confronto tra la mappa di SWE risultante dal modello e la copertura nevosa stimata attraverso foto satellitare in un giorno sereno (13 Febbraio 2010). La copertura prodotta dal modello risulta coerente con l'informazione satellitare. Uno studio condotto dalla Facoltà di Agraria di Bologna ha confrontato la copertura stimata da satellite con l'output automatico di SAM su un arco di 7 anni, evidenziando che le discrepanze maggiori, come prevedibile, si collocano sui punti a modesta quantità di SWE (< 10 mm), pertanto le analisi satellitari, quando disponibili, vengono utilizzate per correggere eventualmente le mappe di SWE secondo uno schema additivo: se il satellite registra presenza di neve in un punto che il modello non prevede, in tale punto viene aggiunta una quantità minima (5 mm) di SWE. Le mappe risultanti vengono aggregate sui bacini idrografici ed inserite nel bollettino regionale della neve.

### Conclusioni

L'utilizzo di un modello di accumulo e scioglimento nevoso all'interno della catena di trattamento dei dati agrometeorologici di Arpa-Simc ha permesso la produzione di mappe di SWE sulla chiusura dei bacini regionali. Il controllo manuale dei dati pluviometrici in input e l'eventuale correzione attraverso analisi satellitari produce mappe dettagliate e affidabili, ma al tempo stesso questo scarso automatismo rappresenta il punto critico della catena. Obiettivo futuro è inserire meccanismi automatici di controllo e testare la possibilità di utilizzare il modello per prevedere l'accumulo e lo scioglimento nevoso nei 3 giorni successivi, alimentandolo con dati osservati sino al giorno di analisi e con dati previsti dal modello ad area limitata LAMI per i giorni successivi.

### Bibliografia

- Bittelli M., Tomei F., Pistocchi A., Flury M., Boll J., Brooks E.S., Antolini G., 2010. Development and testing of a physically based, three-dimensional model of surface and subsurface hydrology, *Advances in Water Resources*, vol.33, Issue 1, 106-122
- Brooks E., Boll J., Mc Daniel P. A. 2007. Distributed and integrated response of a geographic information system-based hydrologic model in the eastern Palouse region, Idaho, *Hydrological processes*, 21, 110-122.