

## **Tavola 6.5      Bilancio idrologico di prescelti bacini imbriferi di media grandezza 1961–2007**

### **Introduzione**

La conoscenza delle componenti del ciclo dell'acqua (precipitazioni, deflussi, evaporazione e variazioni delle riserve) nei bacini non influenzati di media grandezza è molto importante, poiché i loro bilanci idrici rispecchiano direttamente le condizioni climatiche e quindi permettono di riconoscere più chiaramente gli eventuali cambiamenti delle stesse. A causa degli innumerevoli interventi sui corsi d'acqua superficiali (sfruttamento idroelettrico, captazione di acqua per uso potabile e di consumo, regolazione dei livelli lacustri), è ben difficile riscontrare in Svizzera bacini imbriferi che evidenzino regimi di deflusso naturali non influenzati e nei quali le suddette componenti idrologiche siano determinabili in modo attendibile. Il Servizio idrografico nazionale esordì nel 1957 con l'istituzione di una rete di bacini di ricerca idrologica (HUG). L'obiettivo primario consisteva nell'individuazione dei mutamenti naturali del ciclo dell'acqua in base a misurazioni di lungo termine. Per trarre conclusioni sul ciclo dell'acqua possibilmente in tutte le regioni paesaggistiche e climatiche della Svizzera si erano inglobati nella rete i più disparati tipi di bacini (regime, quota, etc.).

### **Sviluppo delle precipitazioni e dei deflussi**

Per dodici bacini imbriferi distribuiti su tutta la Svizzera sono indicati per le due componenti idriche precipitazioni e deflussi il decorso a lungo termine e quello stagionale. Si sono stimate le precipitazioni nei bacini in base alle analisi spaziali che MeteoSvizzera, grazie ai dati forniti da circa 430 stazioni di misura, ha eseguito sull'intero territorio nazionale con una risoluzione di circa 2 km. Per la stima si è ricorso a un algoritmo SYMAP modificato [4,6] in cui il dato di partenza non è costituito dai valori stessi di precipitazione, bensì dai relativi scarti rispetto alla media a lungo termine. Tale procedimento argina gli errori sistematici imputabili alla non rappresentativa distribuzione di quota delle stazioni. A partire dalle precipitazioni del reticolo spaziale si costruisce un valore medio per ogni bacino. Questo non corrisponde sempre al dato reale, giacché gli apporti in taluni territori esposti risultano certamente sottostimati in termini assoluti; la stima così condotta risulta nondimeno del tutto atta a rappresentare l'andamento in termini relativi.

I diagrammi 10-ennali della media mobile delle precipitazioni e dei deflussi descrivono da un lato l'aumento o la diminuzione della media nei periodi dal 1961–1970 sino al 1998–2007 (asse x) e, dall'altro, l'andamento della variabilità per gli stessi intervalli, cioè la deviazione standard (asse y). Per una migliore leggibilità i singoli punti sono uniti da una linea e il periodo di riferimento è ben evidenziato. Prima del calcolo della deviazione standard la finestra temporale contemplata è stata ogni volta depurata dall'influsso delle tendenze, onde eliminarne le ricadute sulla variabilità del diagramma (cfr. [2,5]). Infine, per agevolare la confrontabilità dei vari bacini i valori sono stati standardizzati in relazione al periodo iniziale, cioè a quello di riferimento 1961–1970. Grazie a un approccio di tipo Bootstrap [3] si è delimitato il campo di significatività del 95 % (area ombreggiata). Prima di tutto, pescando a sorte e ricollocando, si sono generate ad artificio per il periodo di riferimento 1000 serie storiche (compresa l'eliminazione delle tendenze) delle quali si sono di nuovo calcolate le medie e le deviazioni standard. Il campo di significatività è stato in seguito ottenuto con l'ausilio di una stima bidimensionale della densità gaussiana nucleare.

Nella parte inferiore sinistra delle figure è indicato il decorso stagionale, laddove sono rappresentati i coefficienti di Pardé medi delle precipitazioni e dei deflussi relativamente a tre periodi (periodo intero 1961–2007, anteriore 1961–1970; recente 1998–2007). Tramite questi diagrammi si può valutare come un cambiamento del regime delle precipitazioni possa ripercuotersi sul regime delle portate.

Il comportamento delle precipitazioni e dei deflussi dà luogo a marcate differenze nei vari bacini. Ad esempio, nel bacino della Massa la variabilità e soprattutto la media annuale di deflusso sono sensibilmente aumentate negli ultimi 40 anni. Viceversa, le condizioni nei bacini dell'Allenbach e del Reno Posteriore si sono mantenute molto più costanti. Inoltre, se il regime della Massa mostra ridotte differenze tra l'intervallo anteriore e quello recente, i deflussi dell'Allenbach sono diminuiti in piena estate e si sono lievemente incrementati nei mesi invernali. Un quadro ancora differente è tratteggiato dai bacini posti a minor quota, come nel caso della Sense o della Sitter. Il punto di partenza e d'arrivo appaiono piuttosto prossimi nello sviluppo grafico. Tuttavia, nelle illustrazioni del regime l'intervallo anteriore e quello recente si discostano in maniera apprezzabile. Variazioni ingenti si riscontrano già in primavera in occasione dello scioglimento delle nevi. Negli ultimi anni le precipitazioni confluiscono mediamente prima nei deflussi (verso marzo), ciò che causa una diminuzione del deflusso medio nei mesi di aprile e maggio. Tale traslazione non si spiega però soltanto con un cambiamento nei regimi meteorici, dato che anche la temperatura – e dunque il limite altimetrico delle precipitazioni nevose – gioca un ruolo critico nei bacini posizionati più in quota. In un bacino con quota media elevata le precipitazioni invernali risultano nevose anche nel caso di innalzamenti termici e in presenza di un elevato grado di glaciazione i deflussi maggiori si producono in piena estate durante la fase di scioglimento. In sostanza, in questo caso il regime non si può modificare un gran che. A quote inferiori, invece, se il clima si riscalda gli apporti meteorici invernali si manifestano più spesso in forma pluviale e quindi scorrono via in modo diretto. L'effetto di accumulo del manto nevoso cala e il regime di deflusso subisce traslazioni.

A completamento della grafica sui decorsi nella porzione inferiore destra delle figure sono rappresentate per l'intero intervallo 1961–2007 le deviazioni del valore medio annuale delle precipitazioni e dei deflussi rispetto alle medie pluriennali.

### **Caratterizzazione dei bacini imbriferi**

Le due carte e la tabella sulla sezione destra della pagina delle carte offrono informazioni utili per l'interpretazione dei grafici sulle precipitazioni e sui deflussi. Il sopramenzionato problema dell'incerta determinazione delle precipitazioni assolute viene parzialmente risolto nella cartina posta più in alto, laddove la porzione azzurra delle colonne rappresenta il deflusso medio e quella rossa l'evaporazione media (valore del periodo 1973–1992 secondo il modello della tavola 4.1). L'altezza totale della colonna corrisponde dunque alla stima delle precipitazioni medie cui corrisponde nella cartina il corrispondente colore per il bacino imbrifero. I valori di deflusso sono stati desunti dalla rete di rilevamento dell'UFAM e sono stati ove necessario corretti per tenere conto degli influssi antropici (adduzioni e derivazioni idriche).

La cartina inferiore costituisce una visualizzazione della tabella 1. I parametri derivano da [1] e sono disponibili per tutti gli HUG. Per mezzo della cartina si nota subito ad esempio che quello della Mentue è un bacino a bassa quota, piatto, privo di ghiaccio e dotato di una considerevole capacità di ritenzione idrica.

## Modelli di bilancio idrologico

Allo scopo di gettare uno sguardo più profondo nel bilancio idrologico di un bacino imbrifero è possibile ricorrere ad appositi modelli idrologici che di norma vengono calibrati sulla misura del deflusso e che simulano – con un grado di dettaglio che dipende dalla loro complessità – il comportamento d'importanti componenti del ciclo (fig. 1). Il modello idrologico PREVAH (Precipitation-Runoff-EVApotranspiration Hydrotope Model) [7], qui proposto a titolo d'esempio, è costituito da singole riserve idriche lineari (fig. 2) che riflettono la dinamica della neve (SSNO), dell'umidità del suolo (SSM), dei processi dell'intercezione (SI) e della formazione dei deflussi (SUZ, SLZ<sub>1-3</sub>). Per i bacini con porzioni glaciali si dispone inoltre di un aggiuntivo modulo ad hoc. I moduli delle singole riserve costituiscono il punto di partenza per ottenere i flussi idrici modellizzati dello scioglimento della neve (SM), dell'evaporazione (ESM, EI), dell'infiltrazione (IF), della percolazione (PERC), come anche per ottenere le singole componenti di deflusso ( $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ) e il deflusso totale ( $R_{TOT}$ ). Il modello viene alimentato mediante osservazioni orarie delle precipitazioni, della temperatura, dell'umidità dell'aria, della velocità del vento, della durata dell'insolazione e dell'irraggiamento globale.

La figura 3 illustra a sinistra per sei bacini prescelti il decorso mensile medio delle grandezze cruciali entranti e uscenti del bilancio idrologico per gli anni 1984 fino 2003.

Le precipitazioni alimentano il sistema con l'acqua e costituiscono la grandezza primaria in entrata. Esse denotano una stagionalità più o meno accentuata in termini di media pluriennale, in funzione della posizione spaziale del bacino. La riserva nevosa (SSNO) assume d'inverno il ruolo di grandezza in uscita (accumulo), mentre dalla primavera sino all'estate corrisponde a una grandezza entrante (scioglimento). Nei bacini da nivali sino glaciali, quali quello dell'Allenbach (nival alpin), del Dischmabach (b-glacio-nival) e del Minster (nival de transition), la dinamica della neve si sviluppa con un influsso pesante sul bilancio idrologico stagionale. Altrettanto differenziato secondo la stagione è il comportamento della riserva sotterranea (SLZ<sub>1-3</sub>) la quale nei mesi con più nutrito apporto idrico rispecchia una grandezza uscente (accumulo sotterraneo), mentre nei mesi restanti corrisponde in media a una grandezza in entrata (drenaggio della riserva sotterranea). L'accumulo sotterraneo è connesso con lo scioglimento della neve nei bacini alpini (ad es. Dischmabach), ma in quelli dell'Altopiano o del Giura avviene durante l'inverno, allorché l'evaporazione è ridotta (ad es. Mentue). L'evaporazione stessa è una grandezza in uscita; è composta dall'evaporazione dopo intercezione (EI) e dall'evaporazione dal suolo (ESM), risultando contraddistinta in tutti i bacini da una pronunciata stagionalità con massimi in estate. Il deflusso è in sostanza una funzione delle sopra menzionate grandezze in entrata e uscita e forma quella grandezza uscente che caratterizza il comportamento idrologico del bacino preso nel suo insieme. Il modello simula separatamente i valori per il deflusso di superficie ( $R_0$ ), intermedio ( $R_1$ ) e di base ( $R_2$ ), i quali si sommano a costituire il deflusso totale ( $R_{TOT}$ ). Per una migliore leggibilità la modellizzazione delle variazioni dell'umidità del suolo (SSM) e della riserva superiore di deflusso (SUZ) non sono rappresentate. Questo spiega perché i contributi mensili in entrata e uscita non si corrispondano esattamente; sull'arco dell'annata il ciclo simulato risulta comunque chiuso.

Poiché PREVAH s'ispira al principio delle superfici idrologiche a reazione simile (idrotopi), a fianco delle considerazioni puntuali sul rilascio del bacino, sono possibili anche analisi spazialmente differenziate su tutte le grandezze modellizzate. I risultati della modellizzazione del deflusso complessivo annuale sono rappresentati nella figura 3 nella seconda e quattro colonna ad una risoluzione di 500 m • 500 m. Si riconosce chiaramente per tutti i bacini una dipendenza del deflusso totale dalla quota insieme alla quale aumentano le precipitazioni; con la quota diminuisce inoltre l'evaporazione effettiva, il che esalta ulteriormente il fenomeno. In conseguenza delle più marcate differenze nei rilievi la dipendenza del deflusso dalla quota nei bacini alpini e prealpini (Allenbach, Dischmabach, Minster) è ben apprezzabile, mentre appare meno accentuata nell'Altopiano (Murg, Mentue, Scheulte).

## Bibliografia

- [1] **Aschwanden, H. (1996):** Einzugsgebietskenngrößen der hydrologischen Untersuchungsgebiete der Schweiz. Hydrologische Mitteilungen Nr. 23, Bern.
- [2] **Della-Marta, P.M. et al. (2007):** Doubled length of western European summer heat waves since 1880. In: J. Geophys. Res., Vol. 112(D15), Washington.
- [3] **Efron, B., Tibshirani, R. (1993):** An introduction to the bootstrap. New York.
- [4] **Frei, C., Schär, C. (1998):** A precipitation climatology of the Alps from high-resolution rain-gauge observations. In: Int. J. Climatol. 18 (8):873–900, Chichester.
- [5] **Scherrer, S.C. et al. (2005):** European temperature distribution changes in observations and climate change scenarios. In: Geophysical Research Letters, 32(L19705), Washington.
- [6] **Shepard, D.S. (1984):** Computer Mapping: The SYMAP Interpolation Algorithm. In: Gaile G.L., Willmott, C.J. (Ed.): Spatial Statistics and Models:133–145, Dordrecht.
- [7] **Viviroli, D., Gurtz, J., Zappa, M. (2007):** The Hydrological Modelling System PREVAH. Geographica Bernensia P40. Bern.