

Tavola 6.3 Componenti del bilancio idrico naturale 1961–1990

Introduzione

Il bilancio idrico rispecchia le caratteristiche dei bacini imbriferi e offre una panoramica delle risorse idriche a disposizione. Esso si compone delle precipitazioni regionali (P), dei deflussi regionali (R), dell'evapotraspirazione regionale (E) e della variazione di riserva (δS). In situazioni idrogeologiche particolari, essenzialmente nelle regioni carsiche, occorre considerare anche gli afflussi e i deflussi sotterranei (I). In definitiva, il bilancio idrico viene espresso dalla seguente equazione di continuità:

$$P = R + E + \delta S - I$$

Il bilancio risulta direttamente legato alle condizioni climatiche. Sussiste ad esempio un nesso alquanto stretto tra l'evaporazione da un lato e la temperatura o l'irraggiamento netto dall'altro, entrambi parametri che diminuiscono con la quota (cfr. tavola 4.2).

Un approccio di tipo spaziale al problema del bilancio idrico è quanto costituisce l'oggetto della presente tavola, in vista di uno studio dettagliato della disponibilità idrica in Svizzera. Studi precedenti sul bilancio di prefissati bacini imbriferi [ad es. 1,3] hanno evidenziato grandi incertezze valutative, così che non è risultato a suo tempo possibile analizzare il bilancio nazionale ad alta risoluzione spaziale. La ricerca qui illustrata poggia su una preventiva suddivisione dei bacini fluviali (il cui bilancio è rappresentato esaurientemente nella tavola 6.1) in 287 bacini di bilanciamento, nonché su alcune specifiche analisi di deflusso (tavola 5.4), poi impiegate per ricavare il bilancio idrico in quegli stessi bacini di bilanciamento. L'intervallo temporale assunto come riferimento è quello standard 1961–1990 dell'Organizzazione Mondiale per la Meteorologia (OMM); si sono presi all'uopo i corrispondenti valori medi.

Le precipitazioni e i deflussi sono controllati in Svizzera da reti di rilevamento abbastanza capillari, ma che accusano una certa rarefazione nella zona alpina. La precisione dei dati sulle componenti di bilancio risulta perciò alquanto eterogenea, soprattutto in ambito alpino. Per quel che riguarda l'evapotraspirazione, per la quale sono mancate fino a poco tempo fa informazioni su scala nazionale, grazie al contributo di [4] si può ora contare su dati accurati (tavola 4.1). Esordendo con i dati di variazione annuale della massa di alcuni ghiacciai rappresentativi [5], è possibile formulare previsioni sulla variazione di riserva idrica nei bacini glaciali. Nel complesso si può dunque contare su informazioni di bilancio complete per tutti i bacini di bilanciamento, ma il grado di accuratezza varia caso per caso, il che si rivela cruciale nella trattazione qui esposta. In molti bacini la semplice composizione dei dati porta a risultati non plausibili. Accade così che nei bacini alpini la differenza tra le precipitazioni e i deflussi, corretta con la variazione di riserva glaciale, conduca a valori di evapotraspirazione fisicamente non ammissibili. Le analisi hanno evidenziato che le discrepanze vanno solitamente ricondotte alle imprecisioni insite nelle precipitazioni regionali, a loro volta imputabili alle difficoltà incontrate nel rilevamento, nonché nell'interpolazione ed estrapolazione spaziale dei valori. A fronte di tali incertezze, [2] ha consigliato fin dal 1985 di trattare le precipitazioni di montagna come elemento residuo del bilancio idrico. Ciò sta in sostanza a significare che l'apporto meteorico debba essere ricavato dai deflussi, dall'evapotraspirazione e dalla variazione di riserva, senza impiegare esplicitamente i dati di precipitazione. Nella presente tavola si è fatto ricorso a questo procedimento, integrandolo con alcuni passaggi che nel contesto del bilancio idrico regionale permettono di verificare e, ove richiesto, di correggere i valori di precipitazione ottenuti.

Metodo

Conformemente a quanto illustrato, si calcolano le precipitazioni in un bacino di bilanciamento a partire dal deflusso, dall'evapotraspirazione e dalla variazione di riserva glaciale. Poiché nella maggior parte dei bacini svizzeri l'aliquota prevalente delle precipitazioni si trasforma in deflussi, si comprende che alle imprecisioni che affliggono questi ultimi va attribuita una grande rilevanza (cfr. la carta dei coefficienti di deflusso). I valori di evapotraspirazione sono sensibilmente più ridotti di quelli di precipitazione e deflusso; imprecisioni legate all'evapotraspirazione si ripercuotono quindi nei calcoli solo in misura marginale sugli errori che affliggono le precipitazioni. Sebbene nella stima della variazione di massa glaciale i discostamenti relativi non risultino affatto trascurabili, essi incidono poco in termini assoluti sull'esattezza delle precipitazioni regionali.

Tali considerazioni sugli errori chiariscono quali condizioni devono soddisfare i dati dei bacini di bilanciamento. In questa ottica risultano particolarmente discriminanti gli studi riportati nella tavola 5.4 sulla plausibilità dei valori di deflusso. Nei bacini dove questi ultimi sono attendibili si procede a un computo diretto del bilancio idrico che in forma immutata risulta utile anche per ulteriori indagini. In altri casi, per via delle incertezze delle portate, il bilancio può ritenersi solo approssimativo. Occorre pertanto procedere, ove concesso, a una compensazione regionale. È a tal fine necessario riferirsi a bacini imbriferi sovraordinati, che comprendano più bacini di bilanciamento e ai quali corrisponda un quadro di valori affidabile. Nel complesso è possibile fare capo a 17 unità di questo tipo. In alcune regioni lungo il confine nazionale i bacini sovraordinati non sono tracciabili, venendo così meno anche l'opportunità di compensazione. Emergono pertanto due tipi d'approccio:

- 1) Calcolo del bilancio idrico mediante compensazione regionale: Nei bacini di bilanciamento connotati da valori di deflusso attendibili si considerano in forma immodificata tutte le componenti di bilancio, quindi anche le precipitazioni regionali (plausibilità del bilancio idrico = 1; cfr. carta «Precipitazioni nei bacini di bilanciamento»). Nei restanti bacini si procede a una stima delle precipitazioni basata su considerazioni o modelli idrologici regionali (plausibilità 2 o 3, a seconda del corpo dati). La sommatoria delle precipitazioni di tutti i bacini di bilanciamento deve corrispondere alla precipitazione valida per il bacino sovraordinato. La compensazione di eventuali differenze viene applicata solo per le precipitazioni regionali di bacini con plausibilità 2 e 3. Successivamente, occorre in questi bacini rendere le portate defluenti congruenti al bilancio idrico.
- 2) Calcolo del bilancio idrico senza compensazione regionale: Si procede come riportato al punto 1), ma senza compensazione. I bilanci idrici stimati devono assumersi tali e quali, in quanto non è concesso fare appello a una verifica regionale. Nemmeno la plausibilità del bilancio stesso risulta quindi valutabile (plausibilità = 4).

Il 57 % dei bacini di bilanciamento ricadono nella classe di plausibilità 1, il 16 % nella classe 2, il 9 % nella classe 3, mentre nel 18 % dei casi la plausibilità è sconosciuta (classe 4). Si ottiene in definitiva un sistema chiuso, utile per derivare le equazioni di continuità dei bilanci idrici; esso si costruisce a partire da dati plausibili, generando una serie di bilanci idrici congruenti.

Risultati

Le quattro carte mostrano le componenti del bilancio idrico e i coefficienti di deflusso di tutti i bacini di bilanciamento. Le precipitazioni più cospicue cadono sui bacini di bilanciamento del versante nord delle Alpi, tra la regione di Grimsel e Säntis, nonché su quelli del settore ovest del Ticino. Tale distribuzione spaziale risulta ancor più marcata nei deflussi, poiché le perdite per evapotraspirazione incidono poco in questi bacini di quota elevata. I deflussi evidenziati hanno un carattere naturale. Nei casi d'influsso da parte d'impianti idroelettrici (cfr. tavola 5.3) si sono comunque operate le dovute correzioni.

A fianco di queste informazioni fondamentali, sono qui acclusi ulteriori ragguagli. La carta delle precipitazioni contiene anche indicazioni sulla plausibilità del bilancio idrico (cfr. metodo). La carta dei deflussi mostra in aggiunta le variazioni nel bilancio di massa dei bacini glaciali. Ad eccezione del ghiacciaio dell'Aletsch (bacino 50-050), che per la propria mole reagisce con grande inerzia alle variazioni climatiche (cfr. tavola 3.7), i bilanci di massa dei ghiacciai nell'intervallo standard 1961–1990 sono tutti quanti negativi. La carta dei deflussi attesta infine che soprattutto nella zona del lago di Walenstadt e del lago di Thun si formano notevoli circolazioni sotterranee.

Il coefficiente di deflusso, rappresentato nella quarta carta, indica l'aliquota di precipitazione che concorre alla formazione della media pluriennale di deflusso. Nella porzione orientale dell'Oberland bernese, nella porzione superiore del bacino della Reuss e in modo sparso anche in altre regioni alpine l'apporto meteorico si trasforma fino al 90 % in portata defluente. Si evince chiaramente che queste regioni forniscono un contributo considerevole al «serbatoio» svizzero. Coefficienti di deflusso più esigui compaiono nei bacini di bilanciamento dell'Altipiano orientale e occidentale, nonché nel settore nord-ovest della Svizzera, laddove elevate evapotraspirazioni si accompagnano a ridotte precipitazioni.

L'opportunità di aggregare i bilanci idrici dei bacini di bilanciamento in nuove unità spaziali viene sfruttata, illustrando e confrontando i bilanci idrici di alcuni maggiori bacini imbriferi, dei cantoni, come anche dell'intero territorio nazionale. È così possibile, ad esempio, risalire al contributo offerto da singoli cantoni al «serbatoio» idrico svizzero.

Il corso superiore del Rodano, ad esempio, immette nel Lemano un volume medio pluriennale pari a 5645 mio m³ annui (carta, punto 50-5) che corrispondono a una portata media di 179 m³/s (tab. 1). Ai 10 732 mio m³/anno che scorrono nel Rodano in corrispondenza del confine nazionale (punto 50-6, carta, tab. 1) il corso superiore concorre dunque per il 52.6 % (tab. 1). Considerando ora solo quelle porzioni del bacino nel corso superiore che risultano comprese nel territorio svizzero, si ricava un deflusso pari a 5575 mio m³ annui (tab. 1). Questo dato riflette un contributo medio al deflusso totale generato nel sistema globale svizzero (40 885 mio m³/anno) pari al 13.6 %.

Affermazioni analoghe possono formularsi per i cantoni. S. Gallo, tanto per citare un caso, concorre con 1519 mio m³/anno alla portata del Reno amonte della confluenza dell'Aar, mentre ulteriori 823 mio m³/anno fluiscono nella Limmat (cfr. carta). La tabella 2 approfondisce questi dati. Il cantone S. Gallo genera complessivamente 2342 mio m³/anno, corrispondenti a un'aliquota pari al 8.8 % del deflusso totale del Reno a Basilea e pari al 5.7 % rispetto al sistema globale svizzero. Come si vede in figura 1, tanto le precipitazioni, quanto i deflussi e, si noti, l'evapotraspirazione risultano un po' più elevati di quanto non ci si aspetterebbe dalla porzione di superficie occupata sul territorio svizzero dal cantone di S. Gallo.

La tabella 1 riporta anche i bilanci idrici dei bacini fluviali e della Svizzera nella sua globalità. I 1458 mm di precipitazioni, i 991 mm defluenti e i 469 mm evaporati confermano che, a fronte della diversità di approccio, sussistono scarti ridotti rispetto alla tavola 6.1 (P: 1481 mm; R: 961 mm; E: 513 mm) che illustra il bilancio idrico svizzero riferito al periodo standard 1961–1980.

Bibliografia

- [1] **Binggeli, V. (1974):** Hydrologische Studien im zentralen schweizerischen Alpenvorland, insbesondere im Gebiet der Langete. Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 22, Bern.
- [2] **Lang, H. (1985):** Höhenabhängigkeit der Niederschläge. In: Der Niederschlag in der Schweiz, Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 31:149–157, Bern.
- [3] **Leibundgut, Ch. (1978):** Die Berechnung der Verdunstung aus der Wasserbilanz von Einzugsgebieten. In: Die Verdunstung in der Schweiz, Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 25:63–68, Bern.
- [4] **Menzel, L. (1997):** Modellierung der Evapotranspiration im System Boden-Pflanze-Atmosphäre. Zürcher Geographische Schriften, Nr. 67, Zürich.
- [5] **Müller-Lemans, H. et al. (1994):** Langjährige Massenbilanzreihen von Gletschern in der Schweiz. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 30:141–160, Innsbruck.