

## Temi e strumenti per la stima del bilancio idrico

**Aronne Armanini,  
Martina Brotto,  
Erica Ghesla,  
Davide Giacomelli,  
Riccardo Rigon**

*Università degli Studi  
di Trento - CUDAM*



**Andrea Antonello**

*HydroloGIS srl*

**Michele Bernabè**

*Studio GeAm*

**Donato Iob,  
Roberto Veltri**

*Autorità di Bacino  
del Fiume Adige*

La stima dei bilanci idrici per i corpi idrici superficiali e sotterranei rappresenta uno strumento analitico in grado di determinare la disponibilità delle risorse idriche, al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici, e della compatibilità con gli usi antropici delle acque. Consente inoltre l'analisi e la comprensione delle interazioni delle disponibilità con lo stato di qualità dei corpi idrici e lo sviluppo di scenari di gestione delle risorse idriche compatibili con la tutela qualitativa e quantitativa del corso d'acqua.

Il progetto che viene descritto in questo articolo nasce dalla collaborazione tra l'Autorità di Bacino del Fiume Adige ed il CUDAM ed ha lo scopo di fornire uno strumento che offrirà il quadro delle disponibilità e degli utilizzi di risorsa idrica a scala di intero bacino dell'Adige e che potrà essere utilizzato per prevenire sia situazioni di criticità che di normale gestione.

Il bilancio idrico rappresenta una componente fondamentale del modello quantitativo di bacino (o di sottobacino) destinato alla rappresentazione in continuo della dinamica idrologica ed idrogeologica, non legata solamente agli eventi di piena; costituisce inoltre la base per il successivo studio dei fenomeni di trasporto e trasformazione delle sostanze inquinanti nel suolo e nei corpi idrici. Nello specifico del presente progetto, il bilancio idrico è finalizzato ad individuare la frequenza e durata di situazioni critiche legate a particolari eventi di magra. Il bilancio idrico, riferito al periodo di tempo assegnato e ad un prefissato bacino idrografico, è espresso dall'equazione di conservazione della massa d'acqua circo-

lante nel bacino, comprendente il bilancio tra precipitazioni, in forma nevosa e liquida, la generazione dei deflussi nei versanti e la loro successiva propagazione nella rete idrica e l'evapotraspirazione dalle superfici liquide, dai suoli e dalle piante, e le utilizzazioni varie.

Il territorio compreso nel bacino del fiume Adige, come la maggior parte dei fiumi al mondo, comprende un insieme molto complesso di infrastrutture ed utilizzazione delle acque che non possono essere trascurate nella formulazione di un bilancio corretto: nella parte montana si crea il deflusso e sono localizzati i grandi bacini di accumulo, la parte valliva è invece interessata dalle grandi derivazioni ad uso irriguo e potabile, mentre nella parte centrale si localizzano alcuni grandi impianti idroelettrici ad acqua fluente.

Il primo passo per la predisposizione del bilancio idrico è la costruzione di un "database" georeferenziato, in cui ad ogni oggetto sono associate le sue reali posizioni nel territorio, che sia in grado di contenere in maniera strutturata le informazioni geometriche del bacino e della rete idrografica, le informazioni dei deflussi naturali, la conoscenza delle opere idriche di derivazione e di utilizzazione. Naturalmente l'acquisizione di tutti questi dati presuppone una collaborazione dei diversi Enti che agiscono sul territorio dello stesso bacino; tra l'altro si deve considerare che le Province di Bolzano e Trento hanno competenza in materia di gestione delle risorse idriche ai sensi del Decreto 463/1999.

Dal punto di vista della strutturazione informatica, oltre al database, il progetto

prevede di integrare gli strumenti di interrogazione e di analisi statistica del database medesimo, tali da poter operare in modo flessibile sui dati disponibili, con i modelli per la simulazione dei processi idrologici, dei serbatoi e delle derivazioni.

Mentre gli strumenti di interrogazione del database richiedono la valutazione degli scenari da parte di esperti, i modelli consentono la proiezione e il controllo, in tempo reale del bilancio idrico.

Altro elemento del progetto sono gli strumenti di visualizzazione georeferenziata dei dati e dei risultati dei modelli basata sull'architettura del sistema informativo territoriale JGrass ([www.jgrass.org](http://www.jgrass.org)).

Il sistema si basa su protocolli e procedure riconosciute come standard internazionali (OPENMI e CUAHSI) e sui quali la comunità scientifica ha investito, al fine di poter utilizzare con minimo sforzo, sia nel corso del presente progetto, ma anche nello sviluppo successivo, nuovi strumenti di modellistica e di analisi posti in opera dall'intera comunità e dal CUDAM medesimo. Si tratta anche di una architettura aperta e flessibile e basata su tecnologie non proprietarie, ed anzi Open Source, generalmente secondo la licenza GPL. A partire dalla scelta del database, POSTGRESQL/Postgis, ai tools di visualizzazione, basati su JGrass.

Nelle prime fasi del progetto, in cui la parte di modellistica più completa non è ancora calibrata ed il database è parzialmente popolato, si è prevista la costruzione di un bilancio idrico di "prima approssimazione",

in cui viene presentato uno schema della situazione esistente, e viene evidenziata l'eventuale carenza di dati o necessità di approfondire ulteriormente alcune analisi.

Il bilancio idrico di prima approssimazione prevede la schematizzazione della rete idrografica principale, in cui si inseriscono i principali affluenti, i canali artificiali, le derivazioni dal fiume ad uso antropico e le diverse stazioni di misura; prevede inoltre l'analisi statistica dei dati storici monitorati dalle stazioni di misura.

Questo bilancio già consente, con l'ausilio dei dati al presente pubblicamente disponibili, di individuare le situazioni di carenza idrica per alcuni punti dell'asta del fiume Adige e fare alcune osservazioni sul fattore di rischio ad esse collegato.

L'obiettivo del progetto è, tuttavia, di poter approntare, almeno in forma di prototipo, un bilancio idrico di seconda approssimazione e calibrato su alcuni piccoli sottobacini del fiume. Questo bilancio idrico dipenderà dall'integrazione del database strutturato in POSTGRES con varie combinazioni dei modelli idrologici, a seconda dei casi d'uso individuati dagli utenti finali. Dal punto di vista funzionale questo sistema costituirà uno strumento di pianificazione di gestione delle risorse idriche in tempo reale.

Benché non "personalizzato" per questo fine il sistema finale potrà includere anche i modelli sviluppati dal CUDAM per la previsione delle piene, per l'evoluzione del mantto nevoso e per il trasporto di sedimento.

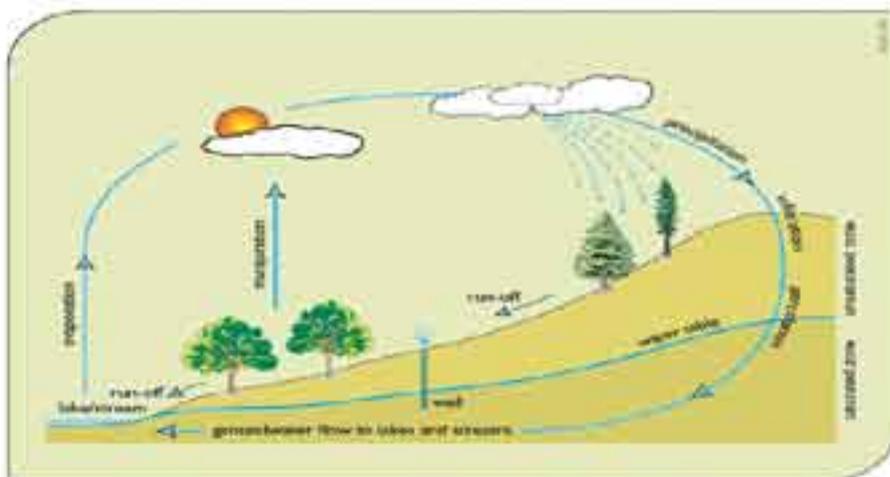


Fig. 1 - Schema del ciclo idrologico.

## BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Ghesla E., Rigon R., "JGrass 2.0: a Tutorial for the Management of Digital Terrain Models". : Università di Trento. Dipartimento di ingegneria civile e ambientale, 2006. ISBN 10: 88-8443-155-7. Note: e-book;p. x, 131: ill. (English translation by Joseph E. Tomasi, ). URL: [http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/Quaderni/JGrass\\_tutorial.pdf](http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/Quaderni/JGrass_tutorial.pdf).

Antonello A., Franceschi S., Rigon R., Vitti A., "JGrass 2.0 : user manual". : Università di Trento. Dipartimento di ingegneria civile e ambientale, 2006. ISBN 10: 88-8443-145-X. Note: e-book ;p. iv, 164 : ill. (English translation by Joseph E. Tomasi). URL: [http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/Quaderni/jgrass\\_manual\\_ENG.pdf](http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/Quaderni/jgrass_manual_ENG.pdf).

Ghesla E., Rigon R., "JGrass 2.0: un tutorial per il trattamento di modelli digitali del terreno". : Università di Trento. Dipartimento di ingegneria civile e ambientale", 2006. ISBN 10: 88-8443-146-8. Note: e-book;p. x, 131 : ill.. URL: [http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/Quaderni/JGrass\\_tutorial.pdf](http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/Quaderni/JGrass_tutorial.pdf).

Rigon R., "An Automatic Watershed Model Calibration process". 2006. Atti del convegno: "Proceedings of the 7th International Congress of Civil Engineering, Teheran, 2006", Teheran, 8-10 Maggio, 2006. URL: <http://www.icce7th.com/papers/pdf/E1195.pdf>.

Majone B., Bertagnoli A., Bellin A., Rinaldo A., "GEOTRANSF: a continuous non-linear hydrological model". In: Eos Trans. AGU, 86(52), Fall Meet. Suppl., Abstract H23C-1441, : , 2005. Atti del convegno: "2005 AGU Fall Meeting", San Francisco (USA), 5-9 december, 2005. URL: <http://www.agu.org/meetings/fm05/waisfm05.html>.

POSTGRES, User Manuals, URL: <http://www.postgresql.org/docs/manuals/>

CUAHSI: [www.cuahsi.org](http://www.cuahsi.org);

OPENMI: [www.openmi.org](http://www.openmi.org);

D'Odorico P., Rigon R., "Hillslope and channels contribution to the hydrologic response". Water resources research, 2003. v. 39, 5, p. 1-9.

Rinaldo A., Vogel G., Rodriguez - Iturbe I., Rigon R., "Can one gauge the shape of a basin?". Water resources research, 1995. v. 31, 4, p. 1119-1127.

Rinaldo A., Marani A., Rigon R., "Geomorphological dispersion". Water Resources Research, 1991. v. 27, 4, p. 513-525.

Rigon R., Antonello A., Franceschi Silvia, "JGrass, an Open source sistem for hydro-geomorphic analisis by computer", in redazione, Bollettino della Società Geologica Italiana.

Bertoldi G., Rigon R., Over T., "Impact of Watershed Geomorphic Characteristics on the Energy and Water Budgets". Journal of hydrometeorology, 2006. v. 7, 3, p. 389-403.

Rigon R., Bertoldi G., Over T., "GEOtop: A Distributed Hydrological Model with Coupled Water and Energy Budgets.". Journal of Hydrometeorology, 2006. v. 7, 3, p. 371-388.

Gorfer A. (2002) L'Adige una storia d'acqua, Cierre edizioni.

Armanini A. (1999) Principi di idraulica fluviale, Editoriale Bios.

Ministero dell'agricoltura e delle foreste, Ottimizzazione della utilizzazione delle risorse idriche del fiume Adige ai fini irrigui, nel Veneto, 1989.

D.M. 28 luglio 2004 Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del mini deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152.