

# SID&GRID: una piattaforma di modellistica idrologica/idrogeologica gratuita ed open source per la gestione della risorsa idrica sviluppata in ambiente GIS

Iacopo Borsi - Dipartimento di Matematica e Informatica, Università degli Studi di Firenze - borsi@math.unifi.it

Rudy Rossetto - Istituto di Scienze della Vita, Scuola Superiore Sant'Anna - r.rossetto@sssup.it

Claudio Schifani - ISTI - CNR - claudio.schifani@isti.cnr.it

Cari lettori,  
“occupiamo” lo spazio dedicato alla modellistica di questo numero per darvi comunicazione della fine del progetto SID&GRID, finanziato dalla Regione Toscana su fondi POR FSE 2007-2013, e soprattutto del fatto che la piattaforma modellistica sviluppata sarà liberamente disponibile (sia come file eseguibili che come codici sorgente) a partire dalla prima settimana di Aprile 2013.

Tra le tecnologie disponibili, i modelli idrologici/idrogeologici distribuiti e fisicamente basati (che accoppiano acque superficiali e sotterranee con la zona insatura e includono informazioni di tipo meteo-climatico, unitamente a quelle su uso del suolo, morfologia, idrologia e idrogeologia) costituiscono uno strumento completo e dinamico per la gestione della risorsa idrica (Borsi e Rossetto, 2012) in quanto: a) presentano in un singolo quadro i dati disponibili; b) possono essere continuamente aggiornati e migliorati mano a mano che nuovi dati vengono acquisiti; c) sono in grado di fornire risultati nello spazio e nel tempo a chi gestisce la risorsa; d) permettono di effettuare valutazioni su numerose tipologie di impatti per mezzo di simulazioni previsionali.

I sistemi informativi territoriali essendo capaci di immagazzinare, gestire, analizzare e visualizzare dataset di grandi dimensioni sono strumenti ad hoc per l'utilizzo di complessi ambienti di modellazione.

Allo stesso tempo, se l'accoppiamento tra le due metodologie è stato affrontato dai primi anni '90 (Sui e Maggio, 1990), strumenti di simulazione integrati che permettano questa pianificazione sono ancora in numero esiguo. Alcuni progetti hanno permesso l'integrazione in GIS commerciali di modelli idrologici (Crestaz et alii, 2012; Di Luzio et alii, 2004), mentre relativamente pochi sforzi sono stati fatti nel campo delle soluzioni open source e di pubblico dominio (Bhatt et alii, 2008; Xiaohui et alii, 2011).

La piattaforma modellistica SID&GRID, mira a colmare tale lacuna implementando un modello idrologico integrato in un'interfaccia, applicazioni e librerie GIS, dove tutti i dati di input e di output sono gestiti attraverso un Data Base Management System (DBMS) per permettere la valutazione dei bilanci idrici e la disponibilità della risorsa nello spazio e nel tempo per supportare i processi di pianificazione. Il tutto attraverso l'integrazione e lo sviluppo di programmi e codici open source e di pubblico dominio.

Nel progetto è stata creata una infrastruttura di dati territoriali e una interfaccia grafica utente, basata sul framework

open source e di pubblico dominio gvSIG (Asociación gvSIG, 2011) per gestire e effettuare simulazioni con il modello idrologico. All'interno di gvSIG è stata quindi sviluppata una interfaccia ed una serie di tool per il pre-processing dei dati territoriali, l'effettuazione delle simulazioni idrologiche e la visualizzazione e successiva analisi dei risultati. Tutte le capacità dei GIS per l'analisi di dati raster e vector sono utilizzate attraverso le librerie di Sextante (Olaya 2011) e Grass (Grass Development Team, 2011), anche per mezzo di nuovi strumenti di trasformazione di dati raster/vector appositamente sviluppati. I dati sono quindi gestiti attraverso Postgresql/PostGIS (Postgis, 2011) e la loro condivisione sul web avviene attraverso Geoserver (2011).

Il modello idrologico implementato in SID&GRID permette, a partire da dati meteo-climatici quali piogge e temperature, di simulare l'intero ciclo idrologico (accoppiando ad esempio le acque superficiali alle sotterranee) oppure parti di esso focalizzando l'attenzione ad esempio sulla zona insatura oppure solo sulla parte idrogeologica.

Il modello è sviluppato modificando e ampliando i codici:

1. MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005) per le acque sotterranee;
2. MODFLOW-LGR (Mehl & Hill, 2005) per il raffinamento locale della griglia (LGR – Local Grid Refinement);
3. VSF (Thoms et alii, 2006) per la simulazione dei flussi nella zona insatura in tre dimensioni;
4. CFL package per la simulazione del ruscellamento superficiale (Borsi et alii, 2013);
5. nuovi algoritmi scritti in linguaggio Jython ed integrati in gvSIG per determinare nei vari passi temporali le precipitazioni nette, per la valutazione della ricarica da assegnare ai codici per la zona insatura e satura.

I risultati visualizzabili consistono, ad esempo, negli andamenti del campo di moto delle acque sotterranee, del ruscellamento superficiale, del contenuto di umidità del suolo, abbassamenti legati alla presenza di campi pozzi idropotabili; dal punto di vista quantitativo possono essere ottenute informazioni sugli afflussi e deflussi nelle diverse porzioni delle aree di interesse nei vari intervalli temporali scelti dall'utente. Bilanci idrologici possono essere calcolati per determinate porzioni di territorio e determinati intervalli temporali, evitando di effettuare medie su base annuale.

La possibilità di disporre di una griglia di calcolo a maglia fine (per mezzo di LGR) anche in un modello a scala regio-

nale permette di utilizzare il codice 3D VSF per simulare, ad esempio, l'andamento del contenuto di umidità del suolo nei comprensori irrigui unitamente all'effetto dei processi evapotraspirativi sulla disponibilità idrica nei periodi di maggior stress.

Casi di studio e test sintetici sono stati implementati per validare e dimostrare l'efficacia e l'applicabilità del codice. Miglioramenti nello sviluppo del codice sono stati possibili anche grazie all'attivo coinvolgimento (attraverso attività di formazione e confronto) dello staff tecnico degli uffici della Regione Toscana, di ARPAT, delle Province, delle Autorità di Bacino di Arno e Serchio, e dei gestori Acque spa, ASA spa e GAIA spa.

Ulteriori sviluppi del programma includeranno la capacità di simulazione del trasporto densità dipendente (per la simulazione dell'intrusione salina) e del trasporto di soluti in falda.

Poiché il codice è aperto, oltretutto gratuito, è auspicabile lo sviluppo di una comunità di utilizzatori che possa portare avanti debugging e partecipare agli sviluppi futuri. Completa il software un manuale utente. Le informazioni per ottenere gratuitamente tutto il materiale sviluppato sono disponibili alla pagina web: <http://sidgrid.isti.cnr.it>

## BIBLIOGRAFIA

- Asociación gvSIG (2011) - gvSIG web portal. Available at [www.gvsig.org/web/home](http://www.gvsig.org/web/home) Accessed 15/12/2012
- Bhatt, G., Kumar M. and Duffy C.J. (2008). Bridging the Gap between Geohydrologic Data and Distributed Hydrologic Modeling. iEMSs 2008: International Congress on Environmental Modelling and Software Integrating Sciences and Information Technology for Environmental Assessment and Decision Making 4th Biennial Meeting of iEMSs, <http://www.iemss.org/iemss2008/index.php?n=Main.Proceedings>
- Borsi I., Rossetto R. (2012). L'utilizzo della modellistica nella gestione della risorsa idrica "Use of modeling in water resource management". *Acque Sotterranee, Italian Journal of Groundwater*, n.2/129, pp 67-68.
- Borsi I., Rossetto R., Schifani C., Hill M.C. (2013). Modeling unsaturated zone flow and runoff processes by integrating MODFLOW-LGR and VSF, and creating the new CFL Package, *Journal of Hydrology* (2013), in press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.02.020>
- Crestaz E., Pellegrini M., Schätzl P. (2012) - Tight-coupling of groundwater flow and transport modelling engines with spatial databases and GIS technology: a new approach integrating FEFLOW in ARCGIS. *Acque Sotterranee – Italian Journal of Groundwater*, n. 2/129, 29-38.
- Di Luzio M., Srinivasan R., Arnold J.G., A GIS-Coupled Hydrological Model System for the Watershed Assessment of Agricultural Non-point and Point Sources of Pollution. *Transactions in GIS*, 8(1): 113-136.
- Geoserver (2011) - Geoserver web site. Available at [www.geoserver.org](http://www.geoserver.org) Accessed 15/12/2012
- GRASS development team (2011) - GRASS GIS. Available at [www.grass.fbk.eu](http://www.grass.fbk.eu) Accessed 15/12/2011
- Harbaugh A.W. (2005) - MODFLOW-2005, the U.S. Geological Survey modular ground-water model -- the Ground-Water Process. U.S. Geological Survey Techniques and Methods, 6-A16.
- Mehl S.W., Hill M.C. (2005) - MODFLOW-2005, the U.S. Geological Survey modular ground-water model -- documentation of shared node local grid refinement (LGR) and the Boundary Flow and Head (BFH) Package. U.S. Geological Survey Techniques and Methods, 6-A12, 68 pp..
- Olaya V. (2011) - The SEXTANTE library. Available at [www.sextante-gis.com](http://www.sextante-gis.com) Accessed 15/12/2011
- Postgis (2011) - PostGIS web site. Available at [www.postgis.refractor.net](http://www.postgis.refractor.net) Accessed 26/12/2011
- Sui D.Z. & Maggio, R.C. (1990) - Integrating GIS with hydrological modeling: practices, problems, and prospects. *Computers, Environment and Urban Systems*, 23, 33-51.
- Thoms R.B., Johnson R.L. & Healy, R.W. (2006) – User's guide to the Variably Saturated Flow (VSF) Process for MODFLOW. U.S. Geological Survey Techniques and Methods, 6-A18, 58 pp..
- Xiaohui L., Yuhui W., Yunzhong j., Hao W., Yu T. & Weihong L. (2010) - Development of an Open Source GIS based Distributed Hydrological model System – MWEasyDHM. *Geophysical Research Abstracts*, 12, EGU 2010-456.