

Modelli al servizio dell'idrogeologia o idrogeologia al servizio dei modelli?

Francesca Lotti - Kataclima Srl, Vetralla (VT)
f.lotti@kataclima.com

L'editoriale del n. 2/132 e la rubrica del n. 2/136 di Acque Sotterranee riportavano alcune fondamentali riflessioni sulla modellazione delle acque sotterranee, introducendo il concetto di analisi dell'incertezza dei dati (Beretta 2013; Borsi 2014). In questa rubrica intendo proseguire, ovviamente in modo non esaustivo, il discorso intrapreso.

Il capitolo di modellistica di molti testi di idrogeologia cita Anderson e Woessner (1992) o standard internazionali che dettagliano il diagramma di flusso a cui ogni processo modellistico dovrebbe attenersi (ad es. ASTM 1999, US-EPA 1994, USGS 2004).

Concetto chiave messo in evidenza da ogni fonte è la "iteratività" tra i risultati del modello numerico e il modello concettuale di partenza. Il modello concettuale è quindi uno schema soggetto a variazioni. Spesso però gli *steps* che portano alla definizione del modello numerico purtroppo trascurano la possibilità del "doppio senso di circolazione" delle informazioni... Più frequentemente la strada seguita prevede:

- Raccolta bibliografica dei dati;
- Integrazione con indagini di campo;
- Costruzione del modello concettuale;
- Costruzione del modello numerico;
- Calibrazione sui dati reali e assunzioni in base al modello concettuale;
- Applicazione del modello a scopo previsionale.

Il modello numerico tipicamente compare come ultimo capitolo della relazione tecnica e la conclusione spesso è del tipo: *"Il modello conferma lo schema concettuale, calibra soddisfacentemente i dati osservati e prevede che tra 100 anni (± 2 gg) il plume di contaminante raggiungerà la captazione idropotabile con una concentrazione di 12.6 $\mu\text{g/L}$ ".*

Un aspetto è sorprendente: il modello tende sempre e comunque a confermare il modello concettuale; raramente si presenta la necessità di tornare su campo e chiarire alcune incongruenze messe in evidenza dal modello stesso. Se non si riesce a calibrare un particolare target, basta escluderlo, la fase di indagine è conclusa e il Gantt non lascia spazio ad imprevisti.

Il punto è questo, tornare su campo a valle della calibrazione del modello è un "imprevisto" da risolvere in qualche modo, che non sia ripetere le indagini. Purtroppo spesso si è costretti a "forzare" il modello verso la direzione prestabilita per mancanza di tempo e/o budget dedicato.

Non prevedere sin dall'inizio un ritorno su campo o la messa in discussione dello schema concettuale pre-modellazione, può avere diverse conseguenze.

Per elencarne solo alcune:

1. le indagini di campo vengono copiosamente distribuite in modo uniforme nell'area che si sta indagando, senza distinguere aree che necessitano di un maggiore dettaglio (più "incerte"), da quelle che ne necessitano meno, impegnando ingenti risorse economiche che potrebbero essere ottimizzate;
2. molte indagini potrebbero riguardare parametri "insensibili", che non entrano in gioco nella calibrazione del modello, con, di nuovo, spreco di risorse;
3. l'incongruenza di alcune osservazioni con la calibrazione spesso nasconde delle componenti non considerate nello schema concettuale, che senza nuove indagini, continueranno ad essere ignorate.

Da un lato, la ricerca scientifica sviluppa sofisticati modelli stocastici e realizzazioni Montecarlo, focalizzando l'attenzione proprio sulla ricchezza di informazione che deriva dall'applicazione dell'analisi dell'incertezza, dall'altro in ambito professionale si tende a confezionare modelli nel più breve tempo possibile, calibrati in stazionario e magicamente in grado di simulare esattamente condizioni transitorie quali tempi e portate di *dewatering*, dimensionamenti di barriere idrauliche, ecc., quando non addirittura l'evoluzione di un *plume* di contaminante o di una bolla di calore nel tempo.

Le assunzioni, le approssimazioni, le scelte fatte nella costruzione del modello pongono il modellista costantemente di fronte ad un bivio, prendere una via piuttosto che un'altra può portare a risultati della modellazione completamente diversi, ma parimenti calibrati (da qui la cosiddetta *non unicità* della soluzione). Esplicitare il percorso intrapreso durante la costruzione del modello è fondamentale tanto quanto dichiarare il risultato. Un risultato che a quel punto diventa *uno* dei possibili risultati.

L'indeterminazione nella calibrazione dei dati transitori si può ridurre, ad esempio tramite prove di emungimento di lunga durata, forse più costose di qualche *slug test*, ma estremamente più significative in quanto assimilabili ad un "integrale" della porzione di acquifero interessata dal pompaggio e non rappresentative solo delle immediate vicinanze del perforo testato.

Normalmente, quando si calibra un modello attraverso osservazioni di livello statico e flussi in uscita dal sistema (calibrazione "in stazionario"), succede che introducendo dati relativi a curve abbassamento-tempo (dati "transitori") queste risultino completamente non calibrate. E' quindi necessario passare attraverso una nuova fase di calibrazione in transitorio

che rispetti i livelli statici, i flussi e i livelli dinamici. Il risultato di questa seconda calibrazione è ancora “non unico”, ma il numero di soluzioni possibili si riduce drasticamente. Ulteriore riduzione dello spazio delle soluzioni possibili si ottiene calibrando la concentrazione di un tracciante o la temperatura.

Quando non si ha modo di applicare calibrazioni che riguardino condizioni transitorie, è molto facile “piegare” il modello nella direzione dello schema concettuale, scegliendo tra tutte le soluzioni possibili quella che più gli si avvicina.

Bredehoeft (2005), in riferimento alle solide certezze del modello concettuale, sostiene che se si aggiungono delle nuove osservazioni ad uno studio, in almeno il 20-30% dei casi si verifica ciò che definisce “SURPRISE”: situazione in cui i nuovi dati demoliscono il modello concettuale originale. In quest’ottica potremmo definire la modellazione numerica, sapientemente associata alla geostatistica, come uno dei mezzi più potenti per individuare le “sorprese”. Sempre in quest’ottica, le osservazioni che non vogliono saperne di allinearsi nello *scatter plot*, anziché essere viste come fastidiose intruse da eliminare, dovrebbero essere viste come veri e propri “tesori”.

I modelli numerici utilizzati come strumento previsionale sono ormai ampiamente entrati nella pratica comune, ma l’aspetto che in realtà li renderebbe uno strumento ancora più potente e in grado di ottimizzare le risorse economiche è forse oggi troppo poco sfruttato: supporto alla comprensione del sistema fisico oltre che ausilio ad una pianificazione efficace delle indagini di dettaglio e soprattutto del monitoraggio (ad es. Fienen et al. 2010; Hunt e Welter 2010; Oreskes et al. 1994; Domenico e Schwartz 1998).

Giocando con le parole, *incertezza* deriva da *in-certus*, dove il prefisso *in-* anziché significare “mancanza”, potrebbe essere interpretato come “dentro”... quindi analizzare l’incertezza assume il connotato (tutt’altro che negativo!) di approfondire le certezze, andando a fondo nel processo della conoscenza.

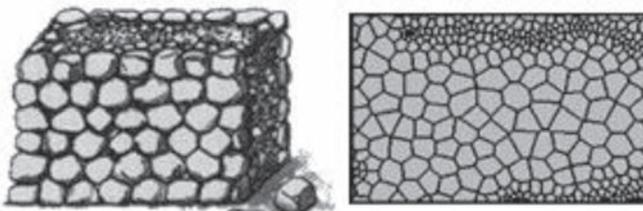


Fig. 1 - *Opus incertum* e griglia in MODFLOW-USG.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson M.P., and Woessner W.W. (1992). Applied Groundwater Modeling—Simulation of flow and advective transport: Academic Press, Inc., San Diego, Calif., 381 p.
- ASTM International (1999). ASTM Standards on Determining Sub-surface Hydraulic Properties and Ground Water Modeling, Second Edition, 320 p.
- Beretta P.G. (2013). Modellazione delle acque sotterranee: pratica e riflessioni - Editoriale. *Acque Sotterranee*, 2/132:5
- Borsi I. (2014). Modellistica: Alcune considerazioni sull’analisi dei dati ambientali - Rubrica. *Acque Sotterranee*, 2/136:63-64. DOI 10.7343/AS-076-14-0102
- Bredehoeft J.D. (2003) From models to performance assessment: The conceptualization problem: *Ground Water*, v. 41, no. 5(41):571-577.
- Bredehoeft J.D. (2005). The conceptualization model problem—surprise. *Hydrogeology journal*, 13:37–46
- Bredehoeft J.D., Konikow (1993). Editorial- Groundwater models: validate or invalidate. *Ground Water*, 2(31):178-179
- Domenico P.A., Schwartz F.W. (1998) Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley and Sons, New York, N.Y., 506 p.
- Fetter CW (2001). Applied Hydrogeology. 4th ed, Prentice Hall, New Jersey.
- Fienen M.N., Doherty J.E., Hunt R.J., Reeves H.W. (2010). Using prediction uncertainty analysis to design hydrologic monitoring networks—Example applications from the Great Lakes Water Availability Pilot Project: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5159, 44 p.
- Hill M.C., Tiedeman C.R. (2007). Effective groundwater model calibration: With analysis of data, sensitivities, predictions, and uncertainty: Wiley and Sons, New York, New York, 455 p.
- Hunt R.J., Welter D.E. (2010). Taking account of “unknown unknowns”. Editorial for *Ground Water*, v. 48, no. 4, p. 477, doi: 10.1111/j.1745-6584.2010.00681.x.
- Oreskes N., Shrader-Frechette K., Belitz K. (1994). Verification, validation and confirmation of numerical models in earth sciences. *Sciences* 263:641-646.
- USGS - Reilly T.E., Harbaugh A.W. (2004). Guidelines for evaluating ground-water flow models: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2004-5038, 30 p.
- U.S. EPA (1994). Assessment Framework for Ground-Water Model Applications. OSWER Directive 9029.00, US Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC.