

GESTIONE DEGLI ACQUIFERI E MODELLISTICA MATEMATICA

L'IMPLEMENTAZIONE DI UN MODELLO MATEMATICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE RAPPRESENTA SPESSO LA SINTESI FINALE DI UN LUNGO PERCORSO DI STUDIO E DI RICERCA MULTIDISCIPLINARE. IL PERCORSO QUI ILLUSTRATO, DEDICATO AGLI ACQUIFERI MODENESI, RAPPRESENTA IL MOMENTO INIZIALE PER UN UTILIZZO OPERATIVO DEL MODELLO SVILUPPATO DA ARPAE.

La modellistica delle acque sotterranee consente la ricostruzione del movimento delle acque all'interno degli acquiferi. Tale dinamica dipende, oltre che dalle caratteristiche strutturali dell'acquifero stesso, dai termini che in definitiva ne compongono il bilancio idrogeologico: le *ricariche* (da pioggia e da fiume) e gli *sfruttamenti* (prelievi). Negli ultimi quindici anni alcune implementazioni modellistiche sono state realizzate nel contesto degli acquiferi emiliano-romagnoli, e hanno visto un successivo utilizzo applicativo/operativo anche al di là degli obiettivi iniziali che ne avevano permesso la nascita (Chahoud et al., 2013). Parlando quindi di "gestione del modello" si intende il ciclico ripetersi di fasi di aggiornamento e fasi di utilizzo dello stesso secondo obiettivi prefissati.

La fase di aggiornamento richiede la continua disponibilità dei dati qualitativi, che sono garantiti dalle reti di monitoraggio delle acque sotterranee esistenti, e che rappresentano l'elemento di collegamento con i dati reali. Stesso discorso vale per i metodi di raccolta e/o stima dei dati che rappresentano le sollecitazioni del sistema (ricariche e prelievi) e che devono sempre popolare le banche dati di supporto alla modellistica.

La fase di utilizzo prevede invece l'esecuzione di una o più simulazioni col modello che permettano di effettuare valutazioni in merito a obiettivi specifici che concorrono a definire le modalità di utilizzo del modello stesso (fenomeno da simulare, durata della simulazione, modalità di costruzione di scenari, di restituzione dei risultati ecc.).

Se il modello viene "gestito" in funzione di obiettivi di pianificazione e di gestione della risorsa idrica, allora il modello può trasformarsi in strumento di supporto gestionale e decisionale. Tutto ciò, almeno all'interno del contesto nazionale, è una sfida tuttora aperta ed una pratica tutt'altro che consolidata (Borsi&Rossetto, 2012).

Un progetto dedicato agli acquiferi modenesi

All'interno della prospettiva appena delineata si colloca l'implementazione del modello delle acque sotterranee degli acquiferi modenesi realizzato da ArpaE per conto di Atersir. La finalità principale è proprio la creazione di uno strumento operativo di supporto alla pianificazione

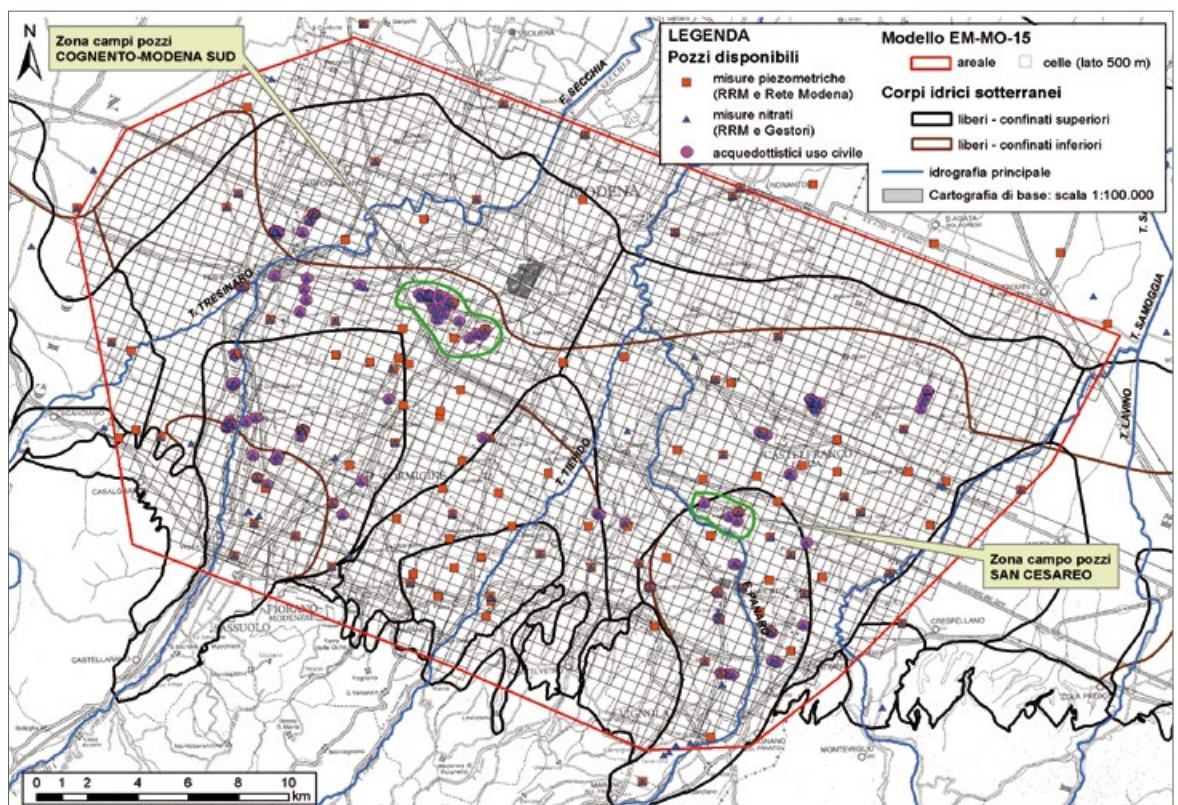


FIG. 1
ACQUE SOTTERRANEE
E MODELLISTICA
MATEMATICA

Inquadramento territoriale dell'area di implementazione del modello (conoidi del Secchia, del Tiepido e del Panaro in provincia di Modena).



e alla gestione della risorsa idrica sotterranea modenese. Focalizzando l'attenzione sulle falde acquifere maggiormente sfruttate a scopo idropotabile, e in relazione alle problematiche di natura qualitativa legate alla presenza in queste di concentrazioni elevate di nitrati (Arpa, 2013), alla modellistica del flusso è stata associata la modellistica del trasporto di nitrati. Il modello nasce da una discesa di scala del modello di flusso delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna, realizzato a supporto della pianificazione di livello regionale (Dgr 1781/2015) e, rispetto al quale, la sintesi effettuata su tutti gli studi disponibili ha permesso di individuarne gli elementi di possibile approfondimento e integrazione (dati stratigrafici, dati piezometrici, dati di prelievo ecc.).

L'area di studio è stata assunta pari all'intera estensione delle conoide del Secchia, del Tiepido e del Panaro ed è riportata in figura 1 unitamente ad alcuni degli elementi che sono stati utilizzati per l'implementazione modellistica. L'estensione è pari a circa 750 km² e comprende tutti i principali punti di approvvigionamento idropotabile a sostegno della città di Modena e provincia e i pozzi utilizzati per la calibrazione dei modelli di flusso e di trasporto di nitrati (113 e 140 rispettivamente).

La schematizzazione dei flussi e l'analisi del bilancio delle acque sotterranee

Una volta implementato il modello è possibile iniziare a sfruttarne le potenzialità elaborando i valori del bilancio dell'acqua cioè gli ingressi (ricariche), le uscite (prelievi) e le portate di scambio (flussi) tra le varie parti del

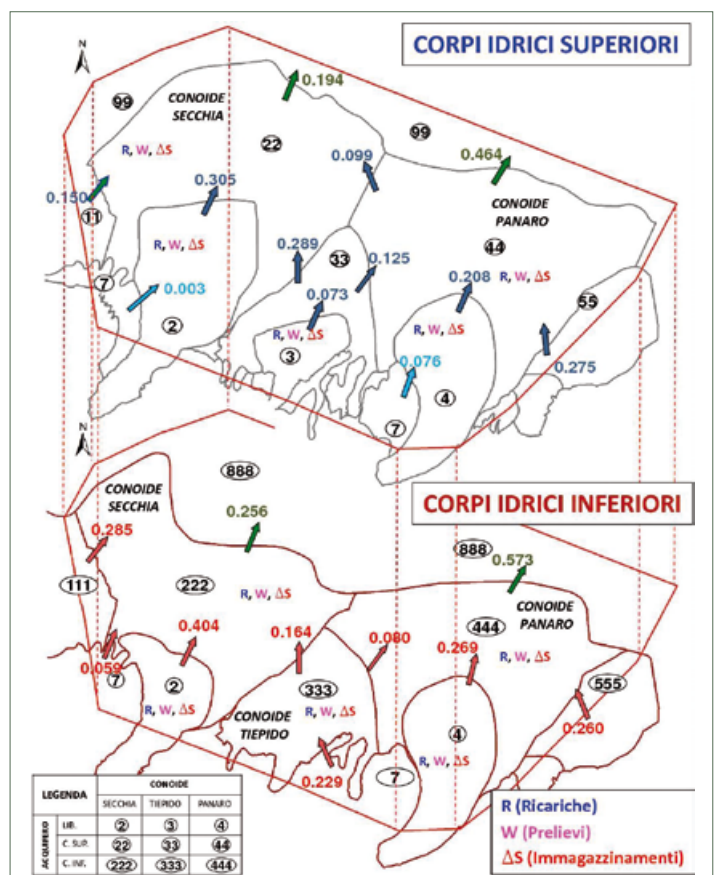


FIG. 2 ACQUE SOTTERRANEE E MODELLISTICA MATEMATICA

Schematizzazione del bilancio idrogeologico ottenuto dal modello numerico, dati medi 2004-2013 (m³/s).

sistema. Una possibile schematizzazione è riportata in figura 2 dove le frecce evidenziano le principali direzioni di flusso che mettono in comunicazione tra loro i corpi idrici sotterranei appartenenti alle conoide modenese. I valori numerici quantificano le portate in gioco, nel caso specifico mediate su tutto il periodo. La struttura tridimensionale del modello permette la schematizzazione dei flussi anche lungo la terza dimensione verticale. L'attuale configurazione del modello copre l'arco temporale di 11 anni (2003-2013). Il regime di moto è quello denominato *transitorio*, con passi temporali trimestrali. Tale scelta

permette la valutazione delle variazioni degli immagazzinamenti (volumi) di acqua all'interno del sistema che nel tempo accompagnano le variazioni piezometriche (la falda si alza, i volumi immagazzinati aumentano e viceversa). Una valutazione del bilancio aggregata nello spazio (conoide del Panaro), ma sviluppata nel tempo è quella riportata in figura 3 (linea blu) dove una singola voce del bilancio (quella degli immagazzinamenti d'acqua) viene cumulata nel tempo evidenziando sia le variazioni stagionali sia i periodi alterni di prevalente recupero e prevalente perdita di risorsa idrica dagli acquiferi.

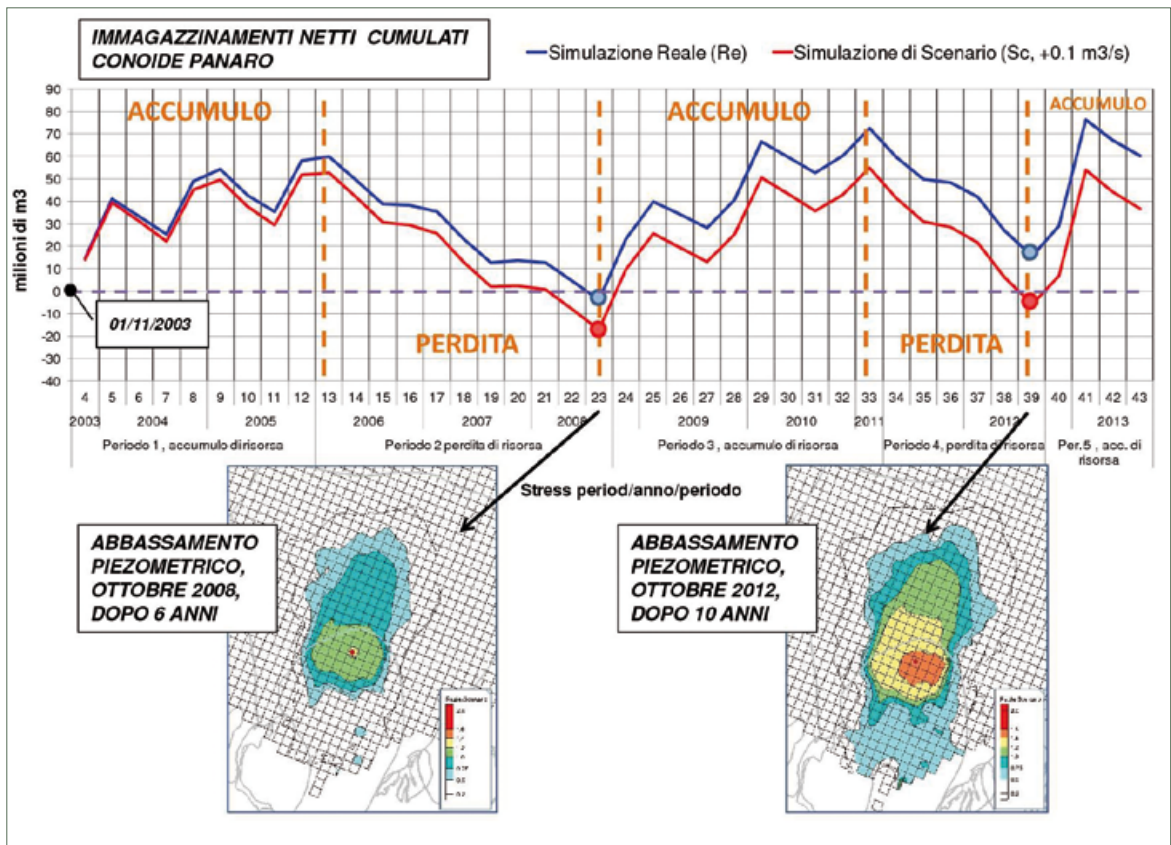


FIG. 3
ACQUE SOTTERRANEE
E MODELLISTICA
MATEMATICA

Valutazione degli effetti del maggior prelievo di acqua sotterranea a San Cesario: analisi del bilancio e delle variazioni piezometriche.

Utilizzo applicativo del modello con simulazioni di scenario

Si riportano di seguito due esempi dove per entrambi è previsto il confronto dei risultati di più simulazioni modellistiche effettuate contemporaneamente: il *caso reale* (Re), assunto come riferimento, e il *caso di scenario* (Sc), costituito da una simulazione dedicata, costruita inserendo le modifiche oggetto della valutazione che si andrà poi ad effettuare. Il primo caso riguarda le valutazioni relative a un possibile aumento dei prelievi di acque sotterranee dalla conoide del Panaro, presso il campo pozzi in zona San Cesario (figura 1). La simulazione di scenario ha previsto in questo caso una maggiore portata di estrazione dal campo pozzi di 100 l/s. La figura 3, ottenuta dall'applicazione del modello di flusso, sintetizza le variazioni così indotte sul bilancio idrogeologico e sulla distribuzione del carico idraulico nelle vicinanze del nuovo pozzo. Le due curve (Re e Sc) evidenziano e quantificano l'incidenza del maggior prelievo sugli immagazzinamenti di acqua sotterranea della conoide del Panaro. La distanza tra le due curve rappresenta, via via nel tempo, la graduale perdita di acqua dagli immagazzinamenti. I due punti evidenziati sulle curve, in prossimità dei minimi relativi delle

stesse, rappresentano due stati di minimo piezometrico che il sistema incontra e che possono essere ritenuti significativi per valutare l'insorgere di eventuali criticità. Per gli stessi due istanti la figura 3 evidenzia il progressivo allargarsi degli areali, che rivelano un abbassamento piezometrico a causa del maggior prelievo imposto localmente nella simulazione di scenario. Il secondo caso riguarda invece la conoide del Secchia (figura 1), in relazione all'ipotesi di ripristino della piena funzionalità del campo pozzi Hera di Modena sud. Di interesse sono le modifiche così indotte alle possibilità di arrivo dei nitrati nella zona a nord-ovest di questi dove insistono i pozzi di Cognento (Hera e Aimag). La simulazione di scenario (Sc) ha previsto in questo caso l'imposizione di maggiori prelievi a Modena Sud per una portata aggiuntiva 180 l/s.

Per valutare il possibile effetto barriera del prelievo operato a Modena sud nei confronti dei campi pozzi di Cognento, vengono confrontati i valori delle concentrazioni di nitrati della simulazione "reale" con quelle di scenario per tutti i pozzi. Occorre quindi, in questo caso, integrare l'analisi col supporto della modellistica del trasporto dei nitrati che evidenzia, al termine degli 11 anni di simulazione, un abbassamento della concentrazione di nitrati quantificabile mediamente in 7 mg/l e 4.5 mg/l rispettivamente per il campo pozzi di Hera e quello di Aimag.

Andrea Chahoud, Luca Gelati, Anna Maria Manzieri

Arpa Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Chahoud A., Gelati L., Palumbo A., Patrizi G., Pellegrino I., Zaccanti G., 2013, "Modellistica delle acque sotterranee: gestione dei modelli ed esempi applicativi in Emilia-Romagna (Italia). Acque Sotterranee", *Italian Journal of Groundwater*, Vol. 2 n. 1/130, marzo 2013. pp. 59-73.
2. Borsi I., Rossetto R., 2012, "L'utilizzo della modellistica nella gestione della risorsa idrica. Acque Sotterranee", *Italian Journal of Groundwater*, Vol. 1, n. 2/129, settembre 2012. pp. 67-68.
3. Arpa Emilia-Romagna, 2013, *Report sulle acque superficiali e sotterranee in provincia di Modena (10° relazione). Anni 2010-2011.*
4. Dgr 1781/2015, "Aggiornamento del quadro conoscitivo di riferimento (carichi inquinanti, bilanci idrici e stato delle acque) ai fini del riesame dei Piani di gestione distrettuali 2015-2021. All. 2 - Bilanci Idrici".