

PARTNER 5: Università di Padova(UNIPD)

AZIONE 5: Sviluppo di modelli matematici per la gestione della ricarica.

FINALITA' DELL'AZIONE

L'obiettivo dell'Azione è lo sviluppo di modelli numerici affidabili per la gestione della ricarica artificiale. La disponibilità di tale strumento, appropriatamente messo a punto, calibrato e validato su dati idrogeologici e test di ricarica di breve periodo, ha consentito di perseguire le varie finalità specifiche, tra cui:

- la pianificazione e l'ottimizzazione di una rete di monitoraggio per il controllo degli effetti/benefici della ricarica;
- la previsione degli effetti della ricarica in termini di volumi d'acqua infiltrati/infiltrabili, l'evoluzione della pressione e del campo di flusso sotterraneo, la quantificazione della porzione di territorio che potrà risentire dei benefici della ricarica;
- la gestione della ricarica, quantificandone gli effetti in funzione dei molteplici parametri che giocano un ruolo principale quali, ad esempio, i volumi d'acqua superficiale a disposizione per la ricarica, i periodi di disponibilità, le finalità specifiche del sito.

METODOLOGIA

I modelli numerici rappresentano oggi un mezzo ampiamente utilizzato per descrivere in termini matematici un fenomeno fisico, rappresentando i legami esistenti tra le grandezze caratteristiche che regolano il processo. "Compreso" al meglio il fenomeno in esame attraverso una procedura di "calibrazione", il modello è in grado di fornire previsioni sull'andamento futuro del processo fisico e quindi di operarne il controllo. Nell'ambito di WARBO, la modellistica numerica è stata sviluppata per caratterizzare il processo della ricarica artificiale, ovvero ricostruire e prevedere il fato dell'acqua superficiale immessa nel sottosuolo dai bacini d'infiltrazione.

Le analisi sono state condotte utilizzando codici tridimensionali agli elementi finiti che simulano il flusso e il trasporto di contaminanti nel sottosuolo. In particolare sono stati utilizzati i codici FLOW3D e SUTRA. FLOW3D fornisce la soluzione dell'equazione di Richards, cioè dell'equazione alle derivate parziali che descrive il flusso dell'acqua in un mezzo poroso in cui la saturazione (ovvero la percentuale dei pori occupata dall'acqua) e pressione variano in funzione delle forzanti esterne (e.g., precipitazione, ricarica artificiale, pozzi di emungimenti, etc.). SUTRA risolve l'equazione del flusso a saturazione variabile accoppiata all'equazione di trasporto di un contaminante (il sale nel caso d'interesse) che modifica la densità del fluido stesso e quindi ne influenza il campo di moto (modello "density dependent"). I modelli utilizzano varie leggi costitutive di capillarità, fra le quali quella di van Genuchten. Nei codici sono implementati solutori iterativi efficienti tipo gradiente coniugato preconditionato che permettono di discretizzare il dominio d'interesse con griglie molto raffinate.

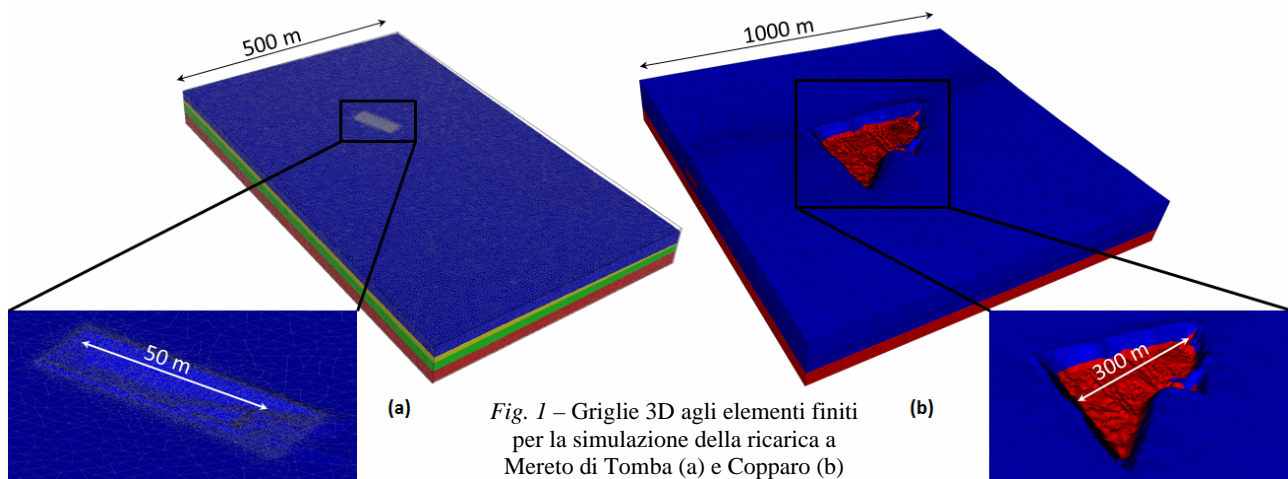


Fig. 1 – Griglie 3D agli elementi finiti per la simulazione della ricarica a Mereto di Tomba (a) e Copparo (b)

SITI DI APPLICAZIONE

Le due aree test dove sono stati focalizzati gli studi modellistici a supporto della ricarica artificiale sono Mereto di Tomba (UD), nell'Alta Pianura Friulana, e Copparo (FE), nella Pianura Ferrarese. Le due zone presentano problematiche differenti dovute alla diversa configurazione idrogeologica e geomorfologica. L'area di ricarica di Mereto di Tomba è caratterizzata da una falda freatica profonda (tra i 40 e i 50 m dal piano campagna) e terreno ghiaioso estremamente permeabile. Il sito di Copparo è invece contraddistinto da una falda freatica superficiale (2 m di profondità), terreni limo-argillosi poco permeabili attraversati da un paleo-alveo più permeabile, e acquiferi fortemente salinizzati. Se nel caso di Mereto di Tomba il processo che governa la ricarica è quello del flusso attraverso la zona insatura per un carico idraulico imposto, nel caso di Copparo il problema di flusso è accoppiato con quello del trasporto del sale. In questo caso, oltre all'immagazzinamento d'acqua di buona qualità, la ricarica può presentare anche il benefico effetto di contrastare la salinizzazione della falda.

RISULTATI

Tutti i dati litostratigrafici a disposizione, forniti da studi precedenti e dalle acquisizioni litostratigrafiche e geofisiche condotte nell'ambito di WARBO, sono stati utilizzati per ricostruire le geometrie 3D del sottosuolo ed la griglia di calcolo ("modello statico"), rappresentando con elevata accuratezza i bacini di ricarica (Fig. 1). I risultati del monitoraggio idrogeologico e geofisico condotto durante i test di ricarica sono stati utilizzati per calibrare i modelli dinamici di ricarica ("modello dinamico"), così da poterli poi usare in fase previsionale per analizzare l'effetto di ricarica massiva e di lunga durata.

I risultati ottenuti forniscono evoluzione spazio-temporale del plume d'acqua immesso nel sottosuolo. A Mereto di Tomba, l'elevata permeabilità dei depositi ghiaiosi favorisce la ricarica artificiale. I dati del monitoraggio, interpretati attraverso il modello di simulazione, hanno messo in evidenza la presenza e l'effetto significativo di lenti relativamente impermeabili nella zona insatura, che favoriscono la creazione di una falda sospesa temporanea (Fig. 2a).

Inoltre, la zona satura è ubicata in un conglomerato fessurato caratterizzato da un'elevatissima permeabilità. Questa è la motivazione per cui, anche nei piezometri posti in prossimità del bacino di ricarica, il livello freatico regionale subisce un innalzamento localizzato di poche decine di cm. A Copparo, invece, in un contesto di suoli poco permeabili, falda freatica vicina al piano campagna, e conseguente carico idraulico (dislivello tra il massimo livello nella vasca e la quota piezometrica) ridotto, il modello ha evidenziato come l'efficacia della ricarica sia molto localizzato (Fig. 2b). L'acqua dolce riesce a spiazzare l'acqua salata più densa sono in prossimità della vasca, con un certo effetto benefico nel paleoalveo limo-sabbioso che attraversa l'area d'indagine alla profondità di 8-10 m dal piano campagna.

In conclusione, l'attività modellistica condotta nei siti specifici ha permesso di sviluppare un protocollo per la modellizzazione ed il monitoraggio ottimale della ricarica artificiale.

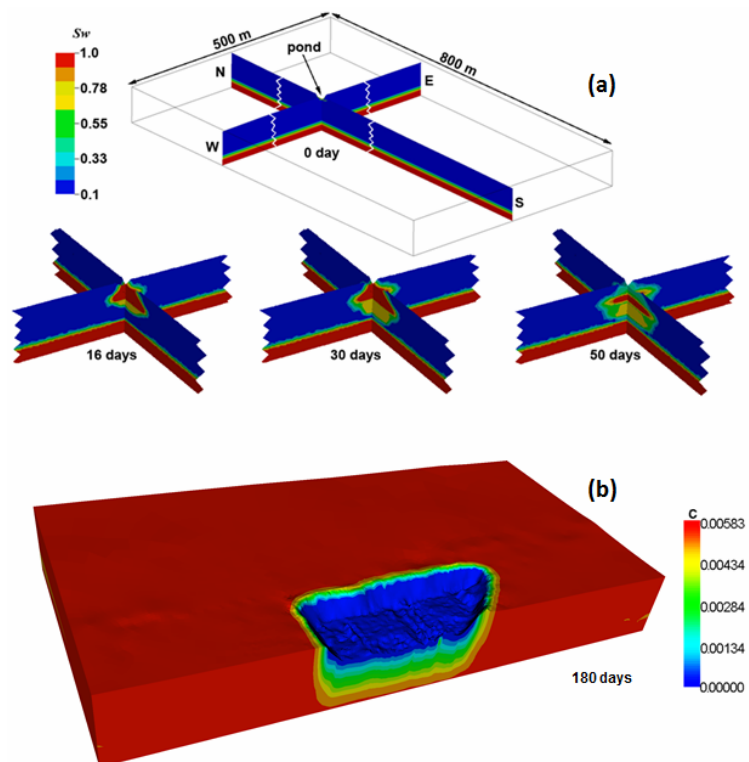


Fig. 2 – Risultati delle simulazioni modellistiche di ricarica artificiale a Mereto di Tomba (a) e Copparo (b). Per Mereto di Tomba i colori sono rappresentativi del grado di saturazione (blue: saturazione residua; rosso: saturo), per Copparo della concentrazione salina (blue: acqua dolce; rosso: acqua salata)