

Uso di Fepest per la calibrazione di modelli numerici di flusso

Natasa Lazovic
nlazovic@golder.it



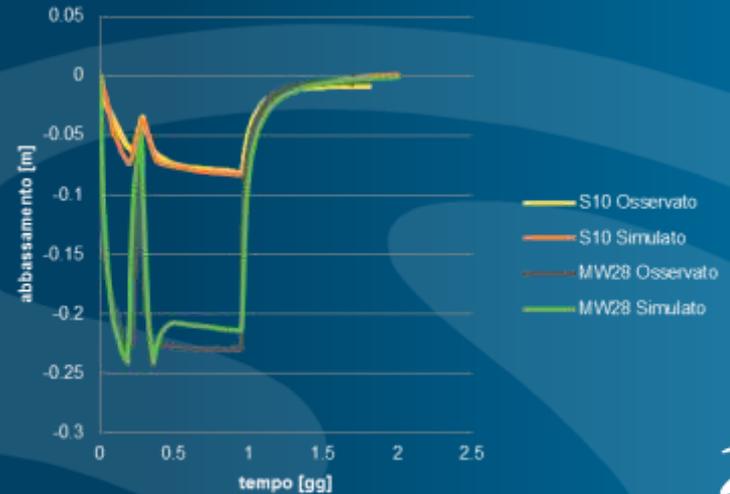
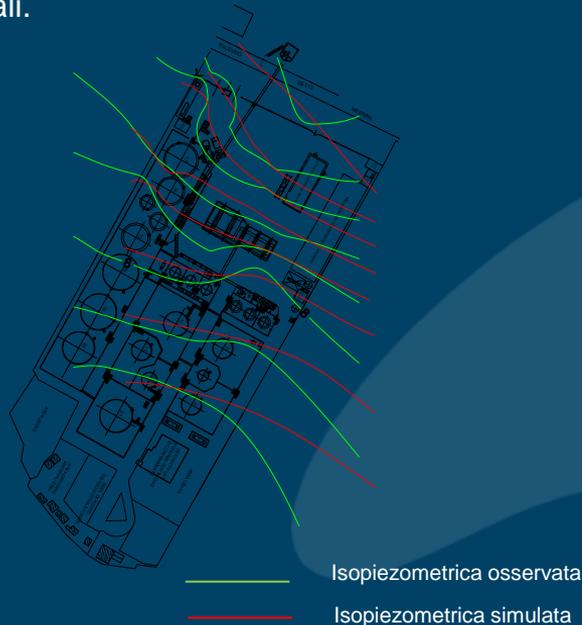
Torino, 14-15 Ottobre 2015



Italian DHI Conference 2015

Calibrazione

La calibrazione di un modello di flusso si riferisce alla dimostrazione che il modello è in grado di riprodurre le misure in campo di carico idraulico e flusso che sono i valori di calibrazione. Molte volte la calibrazione è condotta in condizioni stazionarie ma può capitare di affinare il processo con una successiva calibrazione in transitorio. Ci sono anche delle situazioni in cui una calibrazione in condizioni stazionarie non è opportuna a causa, ad esempio, di forti variazioni stagionali.



Problema Inverso

La calibrazione è ottenuta trovando un set di parametri, condizioni al contorno, e stress che producono carichi idraulici e flussi in accordo con le misure di campo all'interno di un errore prestabilito. Trovare questo set di valori corrisponde a risolvere quello che si chiama un problema inverso. In un problema inverso lo scopo è quello di determinare i valori dei parametri e degli stress idrogeologici dalle informazioni relative ai carichi idraulici. Invece in un problema diretto i parametri come conducibilità idraulica, immagazzinamento, e stress idrologici come la ricarica sono specificati e il modello calcola i carichi idraulici. Il problema principale dei problemi inversi è che le informazioni sui carichi idraulici sono sempre incomplete (si hanno a disposizione solo un certo numero di misure discrete). Quindi cosa succede? Che il problema inverso è mal posto poiché il numero di osservazioni è minore dei parametri da stimare.



Metodi di Calibrazione e Pest

I due metodi principali per calibrare un modello sono

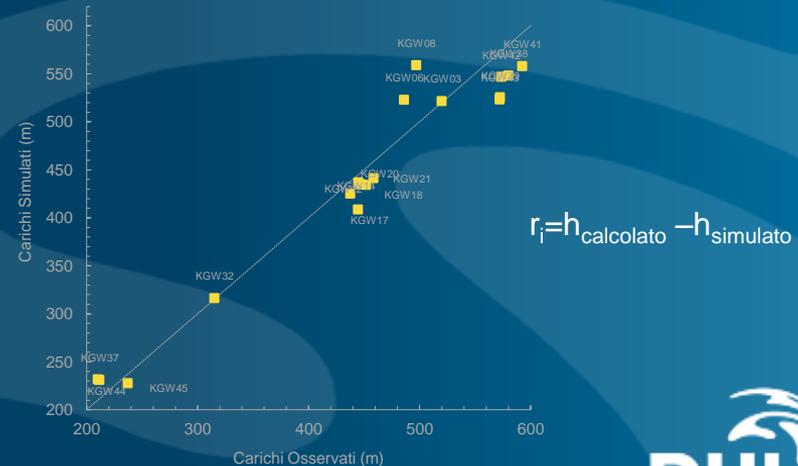
- Per tentativi (*Trial-and-error adjustment of parameters*): questo metodo prevede di assegnare dei valori iniziali ai parametri a ogni nodo o elemento della griglia e quindi tali valori sono variati *a mano* fino a raggiungere gli obiettivi di calibrazione;
- Stima automatica dei parametri: con questo metodo ci si affida a un codice che permette di minimizzare in modo automatico la differenza (r_i) fra i dati osservati e quelli simulati (errore statistico).

Pest (*Non linear Parameter Estimation*) è un codice sviluppato da John Doherty (Watermark Numerical Computing) che permette di minimizzare l'errore statistico. Lo scopo del codice è quello di minimizzare

la funzione obiettivo $\Phi = \sum (w_i r_i)^2$

Dove w è il peso che si vuole dare alle singole osservazioni in base alla loro attendibilità.

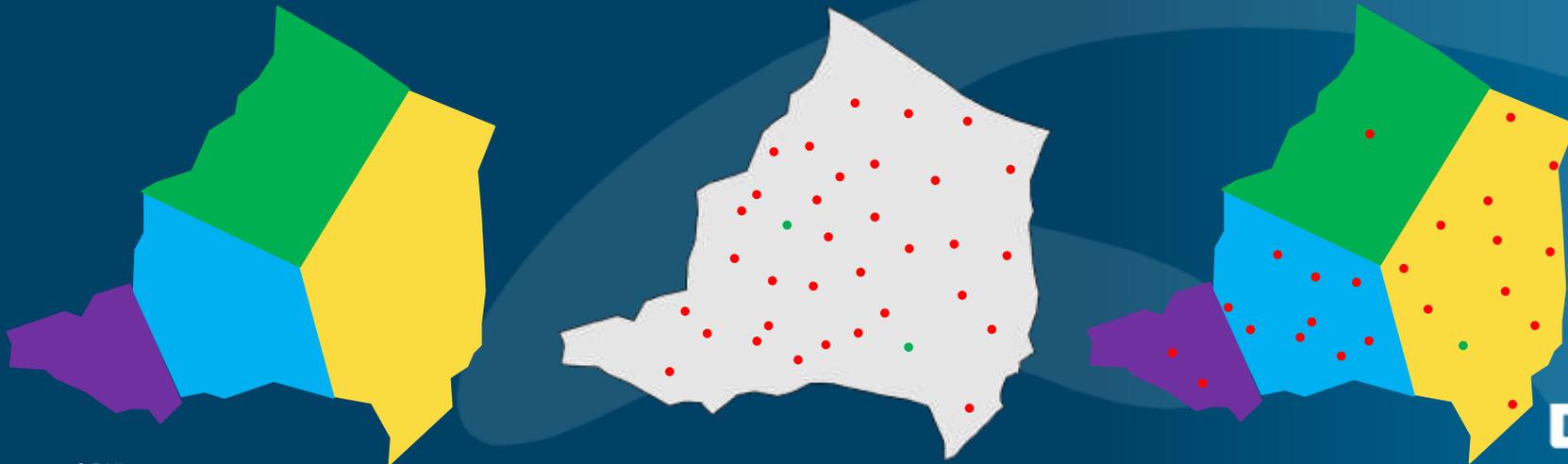
Durante il processo di calibrazione Pest monitora l'andamento della funzione obiettivo verificando la sua decrescita.



Pilot Points

Le prime versioni di Pest contenute nei vari GUI prevedevano la suddivisione del dominio del modello in zone (*Zones of Piecewise Constancy*) in corrispondenza delle quali veniva eseguita l'ottimizzazione dei parametri scelti. In altre parole ad ogni zona era associato un unico valore per i parametri oggetto dell'ottimizzazione.

I Pilot Points permettono invece di stimare i parametri in corrispondenza di un certo numero di punti (*pilot points*) all'interno del modello e i valori ottenuti sono quindi interpolati (*kriging*) per estendere la stima fatta alle restanti porzioni del dominio. È possibile anche seguire una soluzione intermedia alle prime due in cui vengono individuate delle zone all'interno delle quali inserire i *Pilot Points*.



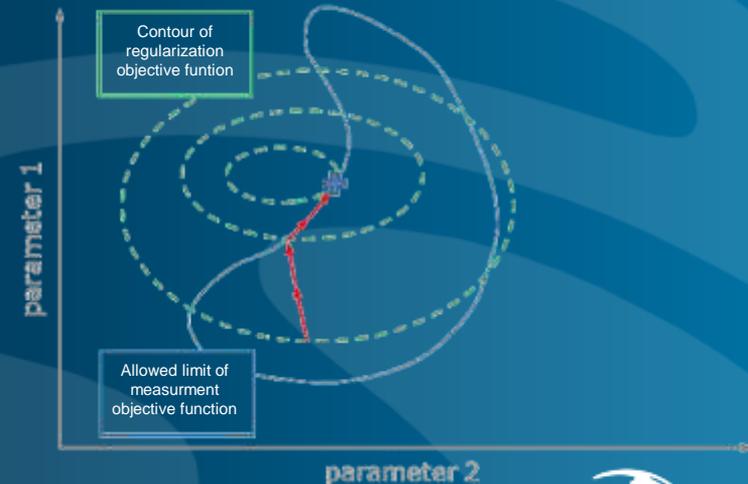
Regolarizzazione

Un tipico problema insito nel processo di calibrazione di un modello ambientale è la non unicità della soluzione di un problema inverso. Di solito esistono molte combinazioni di parametri differenti che sono tutti compatibili con le misure di campo.

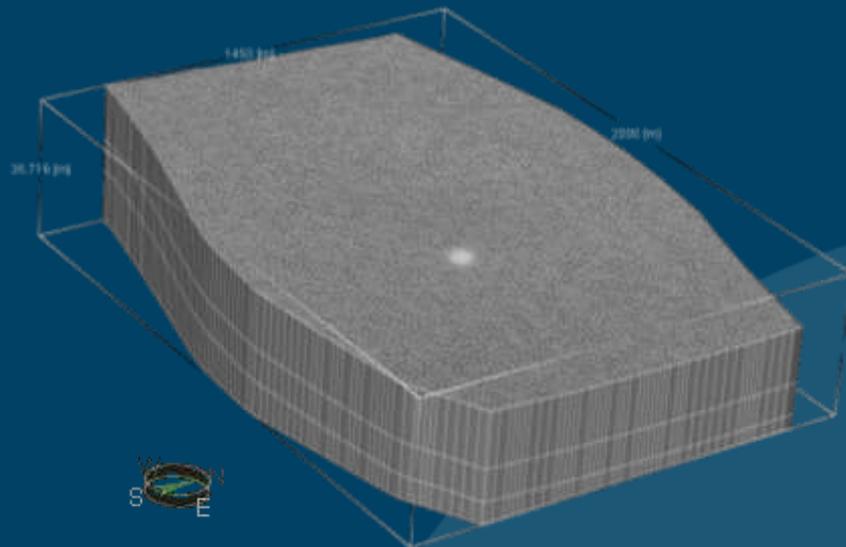
Questo ha due conseguenze:

- Diversi set di parametri calibrati portano a previsioni diverse. Questo rende difficile utilizzare un unico modello nel processo decisionale.
 - Alcuni o molti dei parametri saranno insensibili alle osservazioni.
- L'ottimizzazione basata sull'algoritmo di ottimizzazione può diventare instabile in queste condizioni, portando a lunghi tempi di esecuzione o anche al fallimento del processo.

Le Tecniche di regolarizzazione sono in grado di prevenire questi problemi limitando la ricerca dei parametri ai parametri identificabili, o aggiungendo ulteriore vincoli ai parametri (Regolarizzazione di *Tikhonov*) o separando i parametri identificabili dai non identificabili (Regolarizzazione *Subspace*).



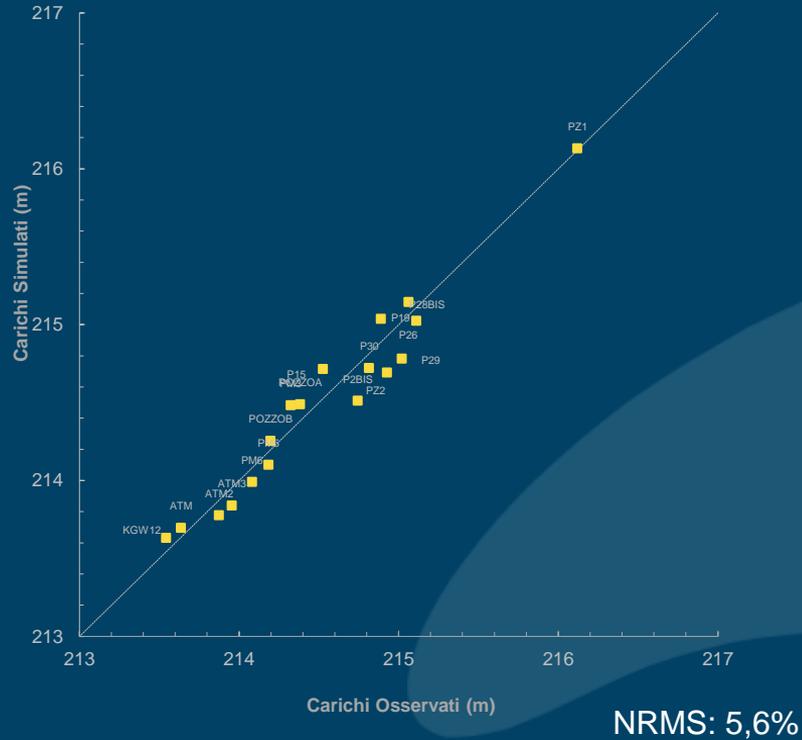
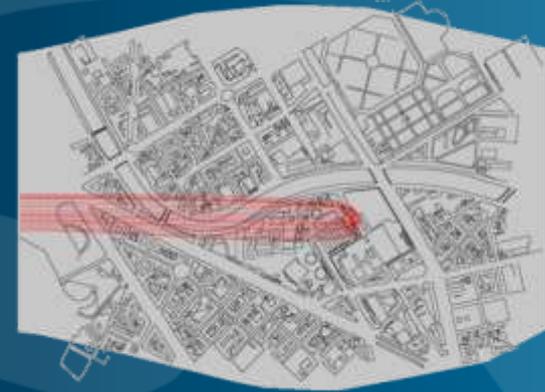
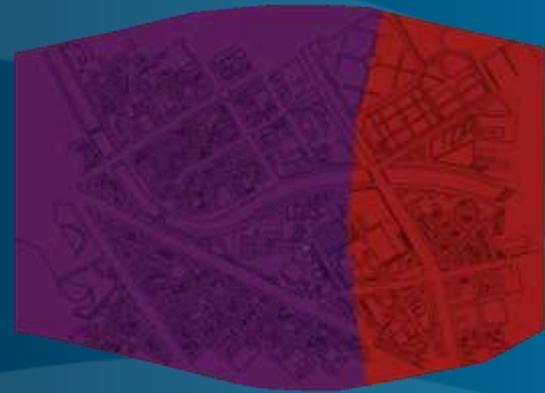
Un Esempio



Calibrazione Manuale

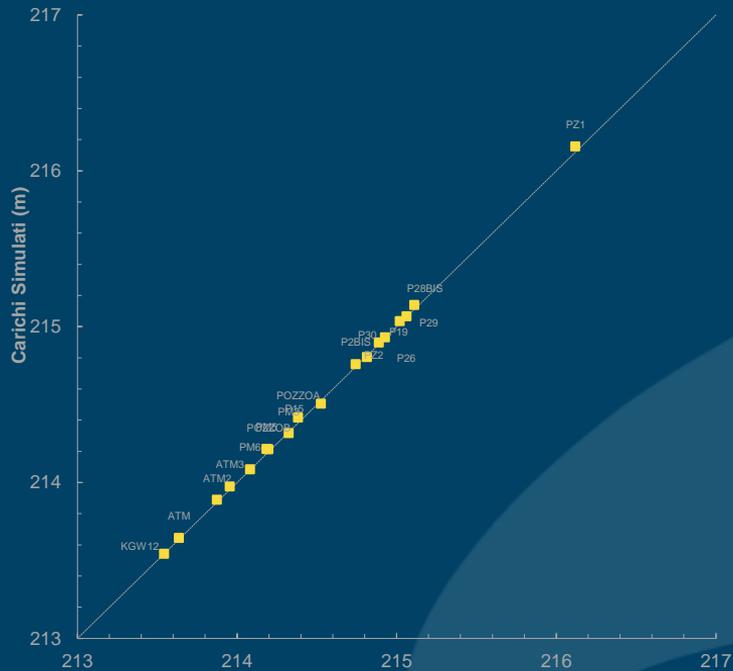
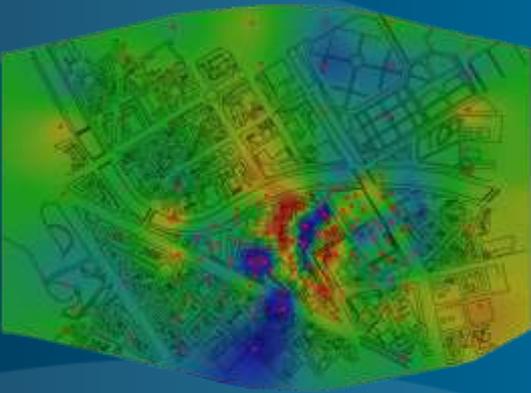
Conductivity K_{10}
Factor
[Dm]

- 0.000901
- 0.00090189
- 0.000911893
- 0.000916891
- 0.000926877
- 0.000931889
- 0.000937828
- 0.000942822
- 0.000947829
- 0.000954833
- 0.000952



Calibrazione Automatica

Conductivity: K_{es}
- Pattern -
bffc
0.00041565
0.00071121
0.00122714
0.00161644
0.0017726
0.00004265
0.00000000
0.00173011
0.00011442
0.00024302
0.00010142



NRMS: 0,7%



Conclusioni

PEST

- stima combinazioni di parametri che permettono di minimizzare una funzione obiettivo (in funzione dei parametri scelti e dei criteri definiti per la funzione obiettivo);
- fornisce informazioni sulla calibrazione del modello e sulla validità del modello concettuale;
- esegue analisi di sensitività sul valore dei parametri;
- definisce la correlazione tra i parametri

Tuttavia, PEST non è in grado di calibrare il modello e non garantisce la ragionevolezza dei risultati. I risultati possono in alcuni casi non avere alcuna correlazione con la realtà fisica; se questo accade, è un forte indicatore che il modello concettuale non è corretto.

Grazie

Natasa Lazovic
nlazovic@golder.it



Torino, 14-15 Ottobre 2015

