

Introduzione a MODFLOW per la modellazione idrogeologica

Descrizione del corso

Il corso introduce gli strumenti e le tecniche fondamentali per la simulazione numerica del flusso delle acque sotterranee. Il percorso parte dalle equazioni che governano il moto in mezzi porosi e arriva alla costruzione, all'esecuzione e alla lettura di un modello completo, in regime stazionario e transitorio. Si lavora con MODFLOW 6 (ultima versione del codice più diffuso per la modellazione idrogeologica) e con ModelMuse, l'interfaccia grafica gratuita distribuita dall'USGS. Ogni sessione teorica è seguita da un'applicazione pratica sullo stesso caso studio, che i partecipanti costruiscono progressivamente dalla terza giornata fino alla fine del corso. Il percorso si chiude con un esercizio individuale su un nuovo dataset e con una sessione di discussione collettiva dei risultati.

Docente

Francesca Lotti è idrogeologa, con attività divisa fra la consulenza professionale e la formazione. Il suo lavoro copre l'intera catena della modellazione applicata: acquisizione e trattamento dei dati di campo, costruzione del modello concettuale, simulazione numerica del flusso e del trasporto, calibrazione e quantificazione dell'incertezza. Ha seguito progetti su risorse idriche destinate al consumo umano, caratterizzazione e bonifica di siti contaminati, dewatering di miniere, impianti geotermici, problemi di intrusione salina, ecc. Nel 2021 ha fondato SYMPLE, scuola accreditata di modellazione idrogeologica applicata, che dirige e in cui insegna. L'impostazione didattica parte dal problema e risale agli strumenti che servono a risolverlo, con MODFLOW 6, ModelMuse e PEST come riferimenti operativi. SYMPLE partecipa al progetto europeo iNEX (Erasmus+) sulla didattica dell'idrogeologia. Come consulente opera attraverso Kataclima, affiancando enti, imprese e studi professionali nella progettazione, nell'esecuzione e nella revisione critica di modelli numerici.

Obiettivi formativi

Al termine del corso i partecipanti saranno in grado di impostare e gestire un modello di flusso delle acque sotterranee, comprendendone variabili e parametri fondamentali; di scegliere il tipo di griglia e le condizioni al contorno adeguate al problema; di costruire un modello in ModelMuse a partire da dati geologici e idrogeologici; di eseguire la simulazione, diagnosticare gli errori più comuni e verificare il bilancio di massa; di leggere, rappresentare e interpretare i risultati, valutando quando un modello può considerarsi utilizzabile.

Prerequisiti

Conoscenze di base di geologia, idrogeologia, GIS e informatica. Non sono richieste esperienze pregresse di modellazione numerica né competenze di programmazione.

Durata e modalità

Le date in cui avverrà il corso sono da definire e includono 30 ore complessive distribuite su 10 pomeriggi. Le lezioni si svolgono online in modalità sincrona e vengono registrate per consultazione futura. Materiali, dataset e registrazioni restano disponibili sulla piattaforma e-learning della scuola. I software utilizzati (MODFLOW 6 e ModelMuse) sono gratuiti e vengono installati durante la prima sessione.

Quota di partecipazione e registrazione

Quota € 600,00 comprende materiali, registrazioni, accesso alla piattaforma, certificato di frequenza. SYMPLE è un Ente di Formazione Accreditato, i prezzi sono esenti IVA (art. 10 DPR 633/72).

La registrazione può avvenire al seguente [link](#) o scrivendo ad amministrazione@hydrosymple.com.

Programma del corso

Giorno 1 (orario: 15-18)

• Sessione 1: Presentazione del corso ed introduzione alla modellazione

- Presentazione ed obiettivi del corso
- A cosa serve un modello numerico: domande, scala, livello di dettaglio
- I passi del processo modellistico
- Ambiente di lavoro: MODFLOW 6 e ModelMuse

Giorno 2 (orario: 15-18)

• Sessione 2: Il flusso idrico sotterraneo

- Legge di Darcy ed equazione di continuità
- Equazione del flusso in regime stazionario e transitorio
- Proprietà dell'acquifero: conducibilità idraulica, immagazzinamento, porosità efficace
- Eterogeneità ed anisotropia
- Esercizio

Giorno 3 (orario: 15-18)

• Sessione 3: Discretizzazione e condizioni al contorno

- Dal dominio reale alla griglia: nodo, cella, layer
- Tipi di griglia in MODFLOW 6 (DIS, DISV, DISU)
- Condizioni al contorno del primo, secondo e terzo tipo
- Package (CHD, WEL, RCH, DRN, RIV, GHB, EVT): criteri di scelta ed errori

Giorno 4 (orario: 15-18)

• Sessione 4: Architettura del codice MODFLOW 6

- Struttura modulare: simulation, model, package, solution
- File di input e di output: name file e gerarchia dei blocchi
- Esercizio

Giorno 5 (orario: 15-18)

• Sessione 5: L'interfaccia grafica ModelMuse

- Aree di lavoro, viste e navigazione
- Descrizione dei comandi principali
- Oggetti, data set e formule: assegnazione dei parametri
- Esercizio

Giorno 6 (orario: 15-18)

• Sessione 6: Costruzione del modello: geometria e proprietà

- Definizione del dominio e dei layer
- Costruzione della griglia e refinement locale
- Importazione di dati da GIS e da file di testo
- Assegnazione delle proprietà idrogeologiche

Giorno 7 (orario: 15-18)

• Sessione 7: Costruzione del modello: sollecitazioni e soluzione

- Assegnazione di ricarica, pozzi e scambi con il reticolo idrografico
- Impostazione del modello in regime stazionario
- Il solutore IMS ed i parametri di convergenza
- Diagnosi dei mancati run e degli errori più frequenti

Giorno 8 (orario: 15-18)

• Sessione 8: Lettura ed interpretazione degli output

- Il listing file ed il bilancio di massa
- Carichi simulati: mappe, sezioni, esportazione
- Flussi tra celle ed alle condizioni al contorno
- Carichi osservati e simulati: taratura manuale ed analisi di sensitività
- Quando un modello si può considerare utilizzabile

Giorno 9 (orario: 15-18)

• Sessione 9: Regime transitorio e caso studio

- Stress period, time step e condizioni iniziali
- Simulazione di un emungimento in regime transitorio
- Caso studio: dal modello concettuale alle scelte numeriche
- Cenni sugli sviluppi successivi (PEST, trasporto di soluti)
- Assegnazione dell'esercizio individuale

• Lavoro individuale:

Costruzione di un modello di flusso stazionario a partire da un nuovo dataset, con breve relazione su scelte e risultati.

Giorno 10 (orario: 15-18)

• Sessione 10: Discussione dell'esercizio e chiusura del corso