

NOME MODULO	Trasporto soluti in falda
APPLICAZIONE	Simulazione di trasporto soluti in falda
MODELLO	Azione combinata dei moduli r.gwflow e r.solute.transport di Grass GIS
DESCRIZIONE	<p>Questo modulo permette di calcolare il trasporto numerico di un soluto all'interno della zona satura di una falda acquifera.</p> <p>Il calcolo della concentrazione si basa su una serie di parametri tra cui la conducibilità idraulica, la porosità efficace e la quota del livello di falda. Il modulo lavora connettendosi al software GIS Grass utilizzando le funzioni senza iniziarlo in modo esplicito. Il modulo crea una location e un mapset temporanei che verranno distrutti al termine di ogni analisi successivamente all'esportazione dei risultati in formato GeoTIFF.</p> <p>Il modulo r.gwflow è utilizzato per calcolare le altezze piezometriche dell'acquifero. Le altezze piezometriche e la conducibilità idraulica vengono utilizzate per calcolare la direzione del flusso e la velocità media delle acque sotterranee, che rappresentano le componenti analitiche di base per la stima del trasporto dei soluti all'interno della falda.</p> <p>Il calcolo del flusso delle acque sotterranee è basato sulla legge di Darcy e su una discretizzazione numerica del volume finito. La discretizzazione produce un sistema di equazioni lineari simmetriche e positive in forma di <math>Ax = b</math>. L'equazione differenziale parziale di flusso delle acque sotterranee ha la seguente forma:</p> $(dh / dt) * S = \text{div} (K \text{ grad } h) + q$ <p>In dettaglio per 2 dimensioni:</p> $(d / dt) * S = K_{xx} * (d^2 h / dx^2) + K_{yy} * (d^2 h / dy^2) + q$ <p><math>h</math> – altezza del piezometrica [m] <math>dt</math> - lo step temporale per il calcolo transitorio in [s] <math>S</math> - l'immagazzinaggio specifico [1 / m] <math>K_{xx}</math> - tensore di conducibilità idraulica in direzione <math>x</math> (m / s) <math>K_{yy}</math> - tensore di conducibilità idraulica in direzione <math>y</math> (m / s) <math>q</math> – area source interna (1 / s)</p> <p>Per calcolare il flusso di acqua sotterranea non definito, viene utilizzato un semplice schema di linearizzazione basato su Picard per risolvere il sistema di equazione non lineare. Per la risoluzioni dei sistemi di equazioni sono stati implementati i seguenti metodi: Gauss-Seidel, Jacobi, metodo del gradiente biconiugato, fattorizzazione lu.</p>

Sono state implementate due diverse condizioni di confine, le condizioni di Dirichlet e Neumann. Per impostazione predefinita, l'area di calcolo è circondata da condizioni omogenee di confine Neumann. Lo stato di calcolo e di confine delle singole celle deve essere impostato con una mappa di stato, che supporta i seguenti valori:

0 == inattivo

1 == attivo

2 == Dirichlet – altezza piezometrica invariante.

La mappa raster ottenuta dal modulo r.gwflow rappresenta la base del calcolo del trasporto di soluti. Esso si basa su un'equazione differenziale di diffusione / convezione che è espressa nella seguente formula:

$$(dc / dt) * R = \text{div} (D \text{ grad } c - uc) + cs - q / nf (c - c_{in})$$

c - la concentrazione ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )

u - vettore della velocità media di flusso delle acque sotterranee

dt - il tempo di calcolo transitorio in secondi (s)

R - il coefficiente di ritardo lineare (-)

D - il tensore di diffusione e dispersione ( $\text{m}^2 / \text{s}$ )

cs – area source/sink interne ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )

c<sub>in</sub> - la concentrazione soluta dell'acqua influente ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )

nf - la porosità effettiva

## BIBLIOGRAFIA

Gebbert, S. 2007. Konzeption eines gekoppelten Stromungs und Stofftransportmodells in GIS GRASS. In: PhD thesis, Institut für angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Berlin

<https://grass.osgeo.org/grass73/manuals/r.gwflow.html>

<https://grass.osgeo.org/grass73/manuals/r.solute.transport.html>

[https://grasswiki.osgeo.org/wiki/Working\\_with\\_GRASS\\_without\\_starting\\_it\\_explicitly](https://grasswiki.osgeo.org/wiki/Working_with_GRASS_without_starting_it_explicitly)

## DATA INPUT

- Vettoriale sorgente: shapefile puntuale della sorgente di emissione
- Campo concentrazione sorgente: campo dello shapefile precedente contenente il valore della concentrazione iniziale del soluto
- Vettoriale confine: shapefile poligonale dell'area su cui effettuare l'analisi
- Aquifer top surface: superficie superiore della falda (mappa o numerico).

- 
- Aquifer bottom surface: superficie inferiore della falda (mappa o numerico).
  - Status: shapefile poligonale che contiene le celle per il calcolo del flusso di falda
  - Campo status: campo dello shapefile precedente contenente il valore dello status.
  - Solver: metodo per la risoluzione del sistema di equazioni.
  - Groundwater source e sink: mappa raster contenente eventuali source o sink interni.
  - Tensore conduttività idraulica: valore del tensore di conduttività idraulica (x e y).
  - Mappa altezza piezometrica iniziale: altezza del livello di falda
  - Campo concentrazione sorgente: campo dello shapefile precedente contenente il valore dell'altezza del livello di falda
  - Tempo di analisi: tempo in ore del termine della simulazione.
  - Identificativo SRS: codice EPSG del sistema di riferimento.

N.B.: Tutti i dati vanno inseriti senza la corrispondente unità di misura (es.: 10 e non 10 m ).

---