

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ

Οδηγίες και σχόλια για το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί στο θέμα
(βλέπε και φυλλάδιο «demo»)

Το πακέτο των εφαρμογών βρίσκεται στην ιστοσελίδα

http://hydrolab.illinois.edu/gw_applets/

Κάτω από τον γενικό τίτλο

Interactive Models for Groundwater Flow and Solute Transport

Διαδραστικά μοντέλα για προβλήματα υπόγειας ροής και μεταφοράς ρύπων

Θα ασχοληθούμε με τις εξής εφαρμογές

- Μονοδιάστατη μεταφορά, για διαφορετικές συνοριακές συνθήκες στην πηγή θεωρώντας ρόφηση όπου η ισορροπία μεταξύ στερεάς και υδατικής φάσης επιτυγχάνεται:

(α) στιγμιαία (εφαρμογή No 1: Equilibrium Sorption (ρόφηση ισορροπίας) with solute decay (με αποδόμηση της διαλυμένης ουσίας), για διάφορες συνοριακές συνθήκες στην πηγή), βλέπε και demo

(β) με καθυστέρηση (εφαρμογή No 2).

Για να κατανοήσουμε την επίδραση των παραμέτρων, των συνοριακών συνθηκών καθώς και της παραδοχής της στιγμιαίας ισορροπίας υδατικής – στερεάς φάσης.

- Πολυδιάστατη μεταφορά: ρόφηση για στιγμιαία ισορροπία και υποβάθμιση σε δύο (εφαρμογή No 3) και τρεις διαστάσεις (εφαρμογή No 4).

Για να κατανοήσουμε την επίδραση των διαστάσεων του προβλήματος και της υποβάθμισης του ρύπου.

Χαρακτηριστικά των εφαρμογών

Η κάθε εφαρμογή ανοίγει σε δικό της παράθυρο όπου, αφού δώσουμε τιμές για τις παραμέτρους και τις μεταβλητές (όλες στο ίδιο σύστημα μονάδων!!), βλέπουμε γραφικά το αποτέλεσμα της επίλυσης. Για να κάνουμε επανάληψη στο θεωρητικό υπόβαθρο, και ιδίως για να δούμε τη μορφή που έχει η λύση της εξίσωσης, ανοίγουμε το Tutorial, ενώ αν έχουμε κάποια απορία για τις επιλογές και τις δυνατότητες του κάθε προγράμματος, ανοίγουμε το User Interface Tutorial (που συνήθως ανοίγει αφού ανοίξουμε το Tutorial).

Χρήσιμη παρατήρηση: αφού ανοίξουμε όσα παράθυρα-εφαρμογές χρειαζόμαστε, δεν χρειάζεται να παραμείνουμε στο internet γιατί η εφαρμογή τρέχει τοπικά, στον υπολογιστή μας. Αν όμως κλείσουμε τα παράθυρα, τότε πρέπει να ξανασυνδεθούμε με το internet, για να ξανακατεβάσουμε την εφαρμογή.

Πώς θα φτιάξουμε τα δικά μας σχήματα με το πρόγραμμα EXCEL

Για να δούμε τα αριθμητικά αποτελέσματα (δηλ. τα ίδια τα νούμερα, επιπλέον των σχημάτων που ζωγραφίζει «από μόνη της» η εφαρμογή), επιλέγουμε “show data” (βλέπε και demo), και βλέπουμε ότι, μαζί με το σχήμα, η εφαρμογή ανοίγει ξεχωριστό παράθυρο με τα δεδομένα. Για να επιλέξουμε όλα τα δεδομένα, πάμε στο ξεχωριστό τους παράθυρο, τοποθετούμε τον κέρσορα στην αρχή των δεδομένων, και

πατάμε μαζί τα πλήκτρα CTRL Shift End. Για να τα αντιγράψουμε, πατάμε CTRL C (copy), και στη συνέχεια τα μεταφέρουμε σε ένα φύλλο EXCEL με CTRL V (paste), για να τα ζωγραφίσουμε.

Για να τρέξουν οι εφαρμογές, ο υπολογιστής πρέπει να έχει Java. Αν δεν έχει, την κατεβάζετε (<https://java.com/en/download/>). Για λόγους ασφάλειας, καλό είναι να έχουμε στον υπολογιστή του σπιτιού μας την πιο πρόσφατη εκδοχή της Java – **προσοχή στους υπολογιστές του PClab δεν κάνουμε update γιατί δεν είμαστε διαχειριστές**. Αν ο φυλλομετρητής μας έχει πρόβλημα με την Java, χρησιμοποιούμε τον φυλλομετρητή Explorer (προσοχή, όχι τον Edge, αλλά τον Explorer).

Και κάποιες σημειώσεις ορολογίας

◆1D Non-reactive and Reactive Solute Transport: *Μονοδιάστατη μεταφορά χωρίς και με αντίδραση του ρύπου*

→ Equilibrium Sorption without Solute Decay (Εφαρμογή No 1): Ρόφηση για στιγμιαία ισορροπία (μεταξύ υδατικής – στερεάς φάσης)

Εδώ έχουμε επιλογή στις συνοριακές συνθήκες και στον τρόπο επίλυσης:

- Instantaneous pulse input in an infinite domain: Στιγμιαία διαρροή μάζας
- Continuous input in a semi-infinite domain: Πηγή συνεχούς διάρκειας στην οποία καθορίζεται:

- είτε η συγκέντρωση (1^{st} τύπου συνοριακή συνθήκη – 1^{st} type: επιβάλλεται σταθερή συγκέντρωση στην πηγή - η πολύ γνωστή μας εξίσωση μεταγωγής – υδροδυναμικής διασποράς!)

- ή η ροή μάζας (3^{rd} τύπου συνοριακή συνθήκη – 3^{rd} type: επιβάλλεται ροή μάζας στην πηγή)

- Finite duration input in a semi-infinite domain: Πηγή πεπερασμένης διάρκειας στην οποία καθορίζεται:

- είτε η συγκέντρωση (1^{st} τύπου συνοριακή συνθήκη)

- ή η ροή μάζας (3^{rd} τύπου συνοριακή συνθήκη)

→ Mass Transfer Sorption with Solute Decay [Torrida, Leij, and van Genuchten] (Εφαρμογή No 2): ρόφηση με καθυστέρηση στην επίτευξη ισορροπίας, πηγή μεταβλητής διάρκειας, με υποβάθμιση (ξεχωριστή σταθερά υποβάθμισης πρώτης τάξης (μονάδες T^{-1}) για διαλυμένο-ροφημένο ρύπο).

Σημείωση. Στην εφαρμογή No 2 εφαρμόζεται το τέχνασμα της παραδοχής δύο τύπων στερεάς φάσης: σε ένα ποσοστό επιτυγχάνεται στιγμιαία ισορροπία μεταξύ υδατικής και στερεάς φάσης, ενώ στο υπόλοιπο η ρόφηση περιγράφεται από μια κινητική σχέση πρώτης τάξης (ίδιου τύπου δηλαδή με την εξίσωση που περιγράφει την αλλαγή συγκέντρωσης λόγω υποβάθμισης). Η εξίσωση που περιγράφει την αλλαγή της ροφημένης μάζας με τον χρόνο χαρακτηρίζεται από μια σταθερά a (μονάδες T^{-1}): όσο μεγαλώνει η σταθερά a τόσο επιταχύνεται η μετάβαση του ρύπου από τη μία φάση στην άλλη. Πρέπει να τονιστεί ότι η στιγμιαία ή μη επίτευξη της ρόφησης έχει σημαντικές επιπτώσεις στην πράξη, ιδιαίτερα κατά τη φάση αποκατάστασης όπου μας αφορά το φαινόμενο της εκρόφησης.

◆ Multidimensional Non-reactive and Reactive Solute Transport

→ 2D Equilibrium Sorption with 1st Order Decay [Cleary-Ungs, Domenico] (Εφαρμογή No 3): Διδιάστατη στιγμιαία ρόφηση και υποβάθμιση 1^{ης} τάξης
Σημείωση για λύση Cleary-Ungs: Πρόκειται για την ακριβή λύση, η οποία απαιτεί μια αριθμητική ολοκλήρωση. Η διαδικασία της εύρεσης προσεγγιστικής λύσης για το ολοκλήρωμα μπορεί να είναι ασταθής (βλέπε tutorial).

Σημείωση για λύση Domenico: Πρόκειται για προσεγγιστική λύση που βασίζεται σε σειρά παραδοχών – δεν ισχύει για μικρούς χρόνους κοντά στην πηγή (βλέπε tutorial).

→ 3D Equilibrium Sorption with 1st Order Decay [Domenico] (Εφαρμογή No 4): Τριδιάστατη στιγμιαία ρόφηση και υποβάθμιση 1^{ης} τάξης

Σημείωση για λύση Domenico: Πρόκειται για προσεγγιστική λύση που βασίζεται σε σειρά παραδοχών – δεν ισχύει για μικρούς χρόνους κοντά στην πηγή (βλέπε tutorial).

Σύμβολα-όροι (περιέχονται στα περισσότερα tutorials)

c	aqueous-phase solute concentration συγκέντρωση ρύπου στο νερό
v	pore-water velocity ταχύτητα νερού των πόρων (δηλαδή μέση γραμμική ταχύτητα ή ταχύτητα μεταγωγής)
D	hydrodynamic dispersion coefficient συντελεστής υδροδυναμικής διασποράς [L^2/T]
θ	soil porosity πορώδες
ρ	soil bulk density [mass soil/volume of porous medium] πυκνότητα ξηρού εδάφους ΣΧΟΛΙΟ Δίνεται ο λάθος όρος –θα έπρεπε να είναι soil dry density. Αλλά ο ορισμός είναι σωστός (εξ άλλου, το καταλαβαίνουμε από την έκφραση για τον συντελεστή διαχωρισμού ότι πρόκειται για ξηρή πυκνότητα).
K_d	distribution coefficient for linear sorption συντελεστής διαχωρισμού
R	retardation factor συντελεστής υστέρησης
M	total mass of solute input συνολική μάζα ρύπου

Για πηγή πεπερασμένης διάρκειας

t_p	duration of the input pulse πεπερασμένη διάρκεια πηγής
-------	---

Για μη στιγμιαία ρόφηση

s_e	sorbed-phase concentration (equilibrium sites) συγκέντρωση ροφημένου ρύπου στο ποσοστό της στερεάς φάσης όπου επιτυγχάνεται στιγμιαία ισορροπία
s_k	sorbed-phase concentration (kinetic sites) συγκέντρωση ροφημένου ρύπου στο ποσοστό της στερεάς φάσης όπου η ισορροπία ακολουθεί κινητική εξίσωση πρώτης τάξης
f	fraction of sorption sites with instantaneous equilibrium ποσοστό στερεάς φάσης όπου επιτυγχάνεται στιγμιαία ισορροπία
μ	decay constant for aqueous-phase solute σταθερά υποβάθμισης του διαλυμένου ρύπου (συνήθως συμβολίζεται με λ)
μ_{se}	decay constant for sorbed-phase (equilibrium sites) σταθερά υποβάθμισης του ροφημένου ρύπου στο ποσοστό της στερεάς φάσης όπου επιτυγχάνεται στιγμιαία ισορροπία
μ_{sk}	decay constant sorbed-phase (kinetic sites) σταθερά υποβάθμισης του ροφημένου ρύπου στο ποσοστό της στερεάς φάσης όπου η ισορροπία ακολουθεί κινητική εξίσωση πρώτης τάξης

Για πολυδιάστατη μεταφορά

α_x	longitudinal dispersivity (x direction) συντελεστής διαμήκους μηχανικής διασποράς (κατεύθυνση x) [L]
α_y	transverse dispersivity (y direction) συντελεστής εγκάρσιας μηχανικής διασποράς (κατεύθυνση y) [L]
α_z	transverse dispersivity (z direction) συντελεστής εγκάρσιας μηχανικής διασποράς (κατεύθυνση z) [L]