

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Υδατικών Πόρων και
Περιβάλλοντος

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΣΕ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

Παρουσίαση διδακτορικής διατριβής για κρίση

Ευάγγελος Ρόζος

Φεβρουάριος 2010



ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά:

1. E. Rozos, and D. Koutsoyiannis, Analysis of multi-cell models' error, *Journal of Hydrology*, in review: moderate revision.
2. Efstratiadis, A., I. Nalbantis, A. Koukouvinos, E. Rozos, and D. Koutsoyiannis, HYDROGEIOS: A semi-distributed GIS-based hydrological model for modified river basins, *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 989-1006, 2008.
3. Rozos, E., and D. Koutsoyiannis, A multicell karstic aquifer model with alternative flow equations, *Journal of Hydrology*, Volume 325, Issues 1-4, Pages 340-355, June 2006.
4. Rozos, E., A. Efstratiadis, I. Nalbantis, and D. Koutsoyiannis, Calibration of a semi-distributed model for conjunctive simulation of surface and groundwater flows, *Hydrological Sciences Journal*, 49(5), 819-842, 2004.

Ανακοινώσεις σε επιστημονικά συνέδρια: 11.



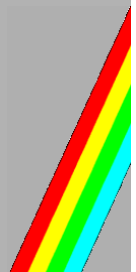
ΔΟΜΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

1. Τοποθέτηση του προβλήματος
2. ΠολυΚυτταρικά Μοντέλα (ΠΚΜ)
 - a. Γενική παρουσίαση
 - b. Ανάλυση σφάλματος ΠΚΜ φυσικής βάσης
3. Εφαρμογές 3dkflow
 - a. αυτόνομα
 - b. άρθρωμα
4. Συμπεράσματα & προτάσεις για περαιτέρω έρευνα





ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ



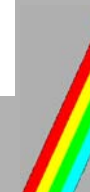
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Ζητούμενο

Σύνταξη ισοζυγίου

Προσέγγιση υδρολογικού χαρακτήρα:

1. Επιφανειακά
2. Υπόγεια
3. Απολήψεις
4. Αλληλεπιδράσεις



ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

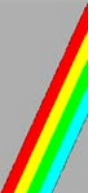
Προκλήσεις στα υπόγεια

Αβεβαιότητα

- Άγνωστη ανθρώπινης παρέμβαση
- Ελλιπής γνώση γεωμετρίας υδροφορέα
- Έλλειψη μετρήσεων στάθμης
- Πολυπλοκότητα ροής
- Ανισοτροπία

Ταχύτητα

Διαχειριστικά μοντέλα (στοχαστική πρόγνωση) = πολλαπλές προσομοιώσεις.



ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Ορολογία

Υδροφορείς υψηλής αβεβαιότητας

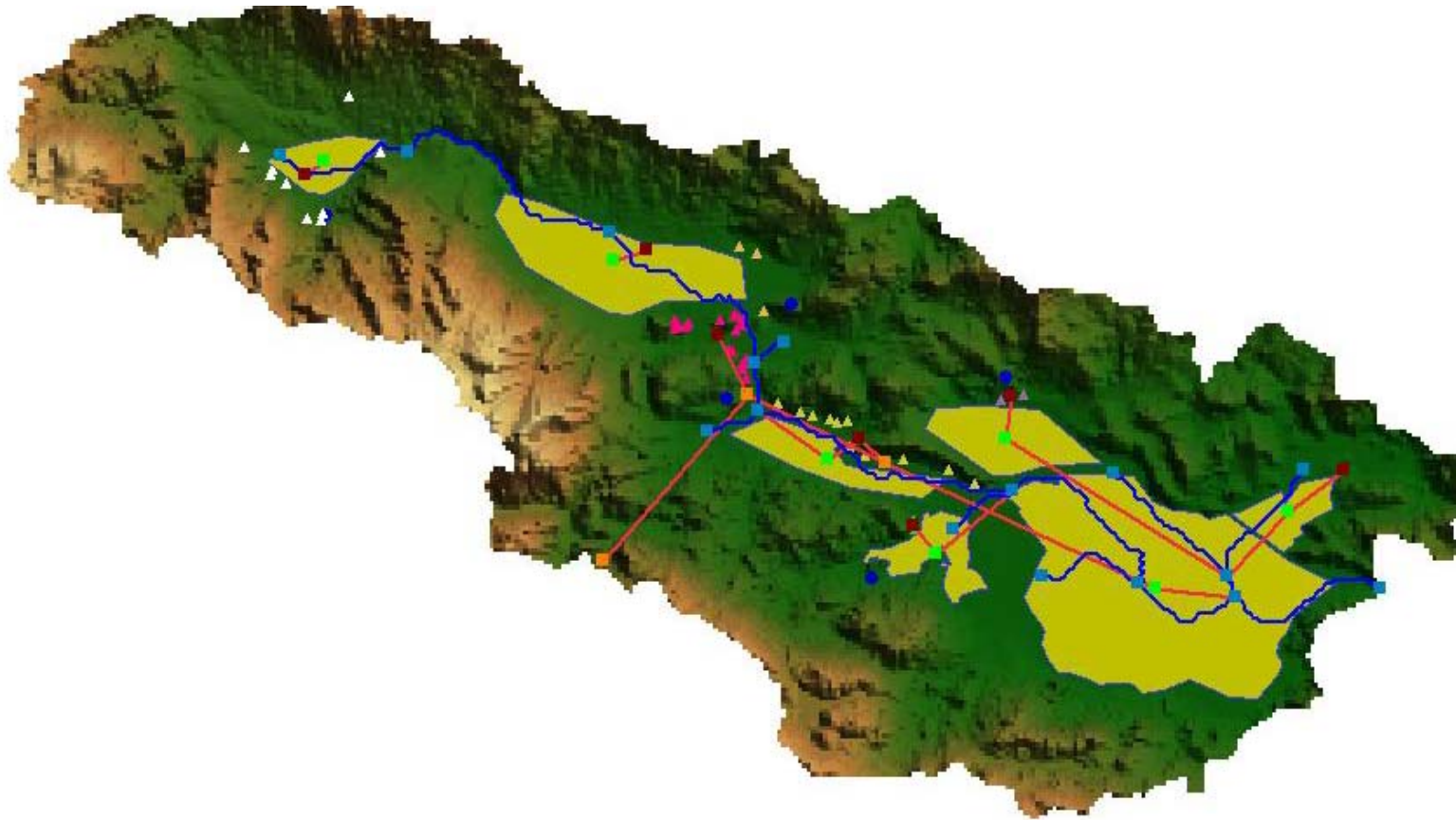
Η παραπάνω κατηγορία εφαρμογών (προκλήσεις, κλίμακα) αποδίδεται με τον όρο «Υδροφορείς υψηλής αβεβαιότητας».



ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Παραδείγματα (υδροφορείς Βοιωτικού Κηφισού)

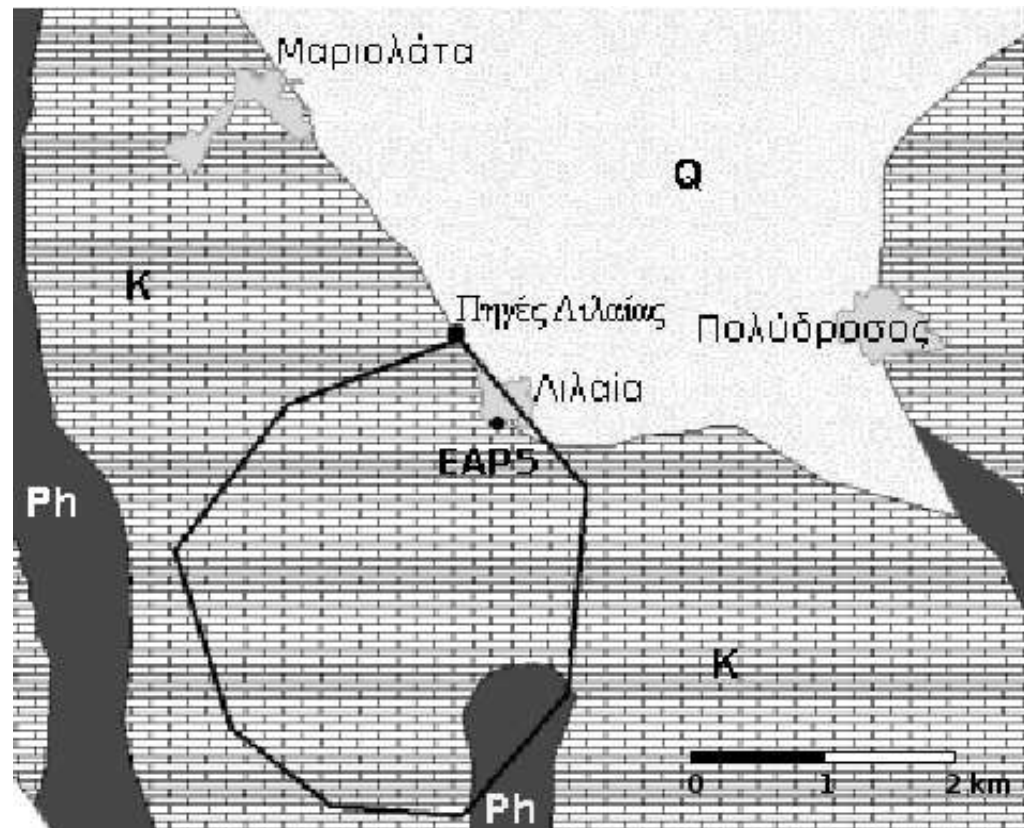
Πολύπλοκο διαταραγμένο σύστημα



ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Παραδείγματα (υδροφορέας Λιλαίας)

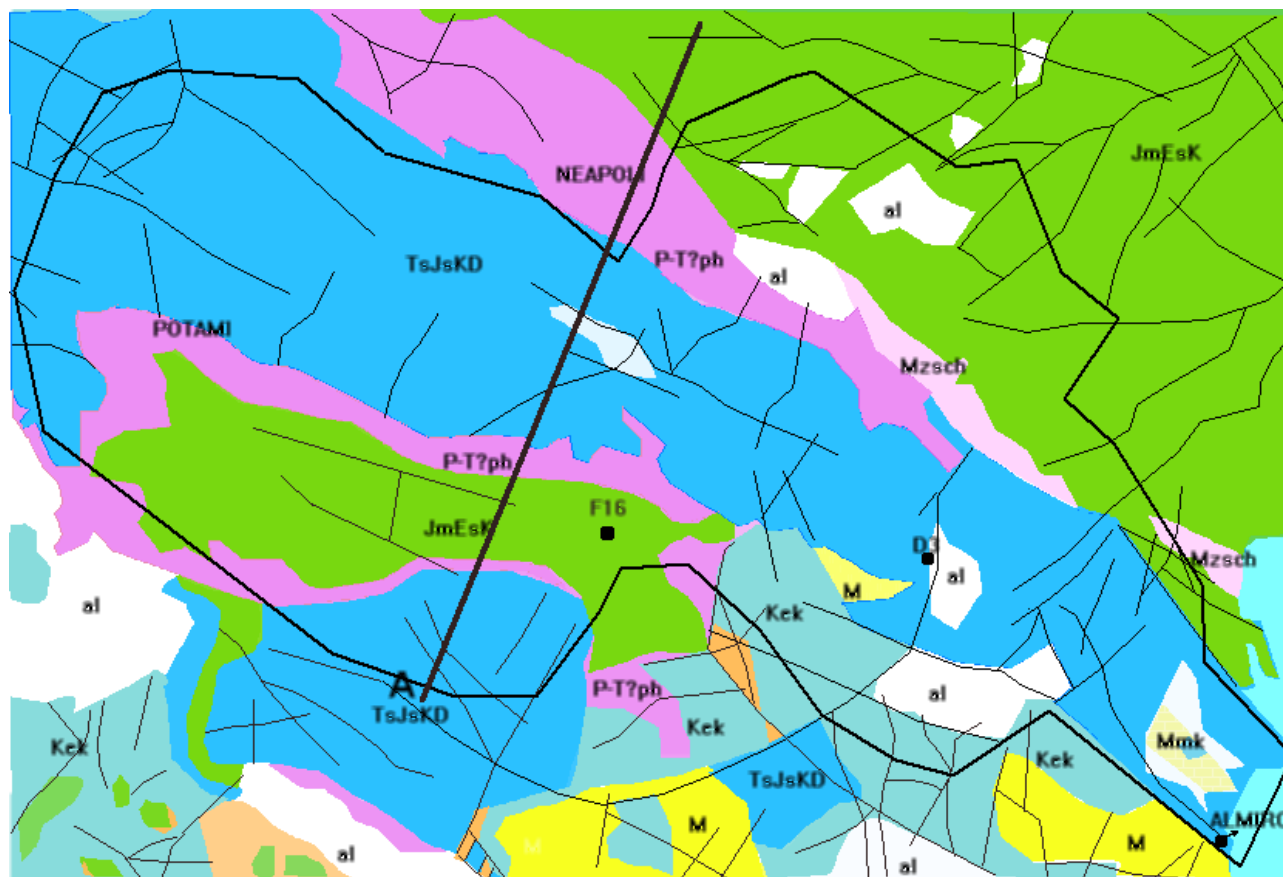
Άγνοια γεωμετρίας υδροφορέα



ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Παραδείγματα (υδροφορέας Αλμυρού Αγ. Νικολάου)

Έλλειψη μετρήσεων στάθμης



ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Παραδείγματα (υδροφορέας πηγής Bregava)

Πολυπλοκότητα ροής

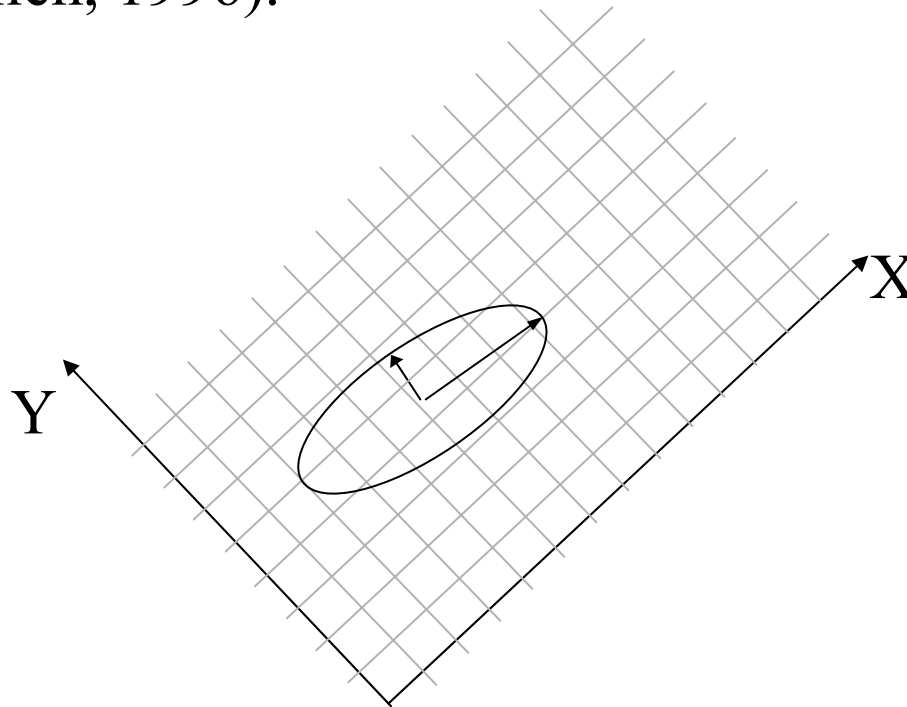


ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Παραδείγματα (συνθετικός υδροφορέας)

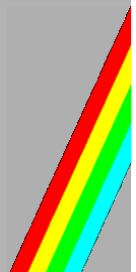
Ανισοτροπία

Ενδεικτικά το σφάλμα λόγω απόκλισης του συστήματος αναφοράς από το κύριο σύστημα αξόνων κατά 1° είναι 19% (Wang and Allen, 1996).



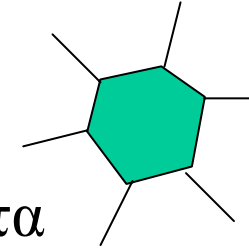


ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ



ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Χαρακτηριστικά πολυκυτταρικών μοντέλων



Πλεονεκτήματα

- Στους καννάβους των πολυκυτταρικών μοντέλων τα κύτταρα μπορούν να έχουν ακανόνιστη γεωμετρία.
- Η διακριτοποίηση με λίγα κύτταρα συνεπάγεται μειωμένο υπολογιστικό φόρτο.
- Εύληπτη απεικόνιση του ισοζυγίου.

Μειονεκτήματα



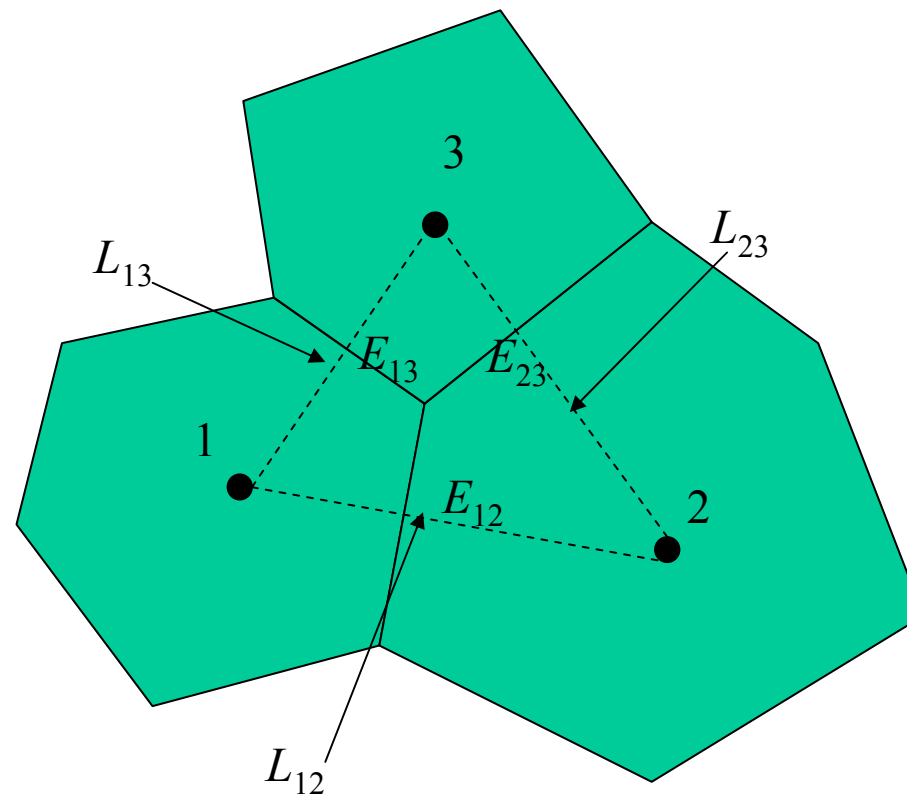
- Απαιτείται συνεχής προσαρμογή του καννάβου σε μη μόνιμες ροές.



ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Διακριτοποίηση

Κύτταρα ακανόνιστης γεωμετρίας



ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Μαθηματική περιγραφή διακριτοποίησης

Πίνακες \mathbf{A} , \mathbf{L} και \mathbf{E}

Περιγραφή του καννάβου διακριτοποίησης με χρήση του διανύσματος εμβαδών \mathbf{A} και των πινάκων απόστασης κέντρων βάρους \mathbf{L} και κοινών ακμών \mathbf{E} .

$$\mathbf{A} = [A_1 \ A_2 \ A_3 \ \dots]$$

$$\mathbf{L} = \begin{vmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} \end{vmatrix} \quad \mathbf{E} = \begin{vmatrix} E_{11} & E_{12} & E_{13} \\ E_{21} & E_{22} & E_{23} \\ E_{31} & E_{32} & E_{33} \end{vmatrix}$$

0 για κύτταρα που
δεν εφάπτονται

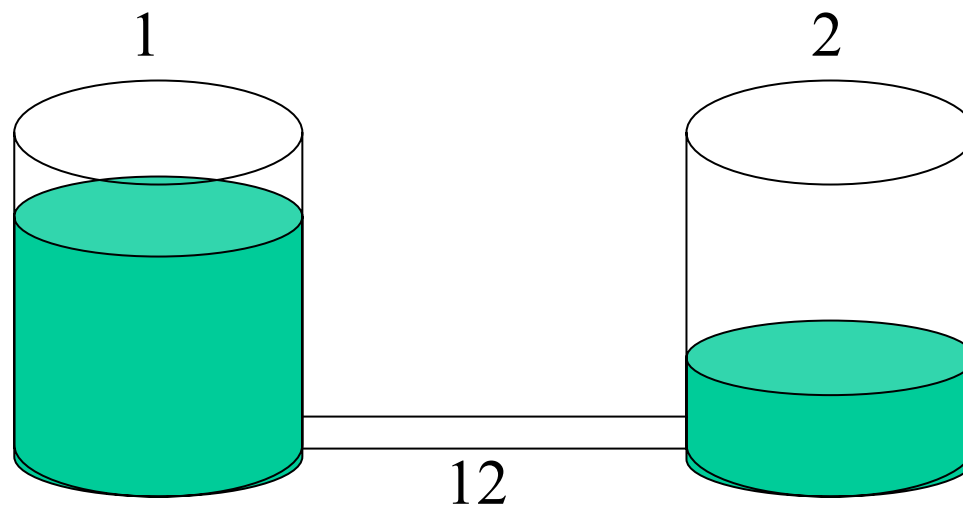


ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Εννοιολογική απόδοση δικτύου ροής

Υδραυλικό ανάλογο

Αναπαράσταση των διαδικασιών μεταφοράς και αποθήκευσης νερού μεταξύ κυττάρων με δύο ιδεατά υδραυλικά στοιχεία, τους αγωγούς και τις δεξαμενές που ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν ένα δίκτυο.

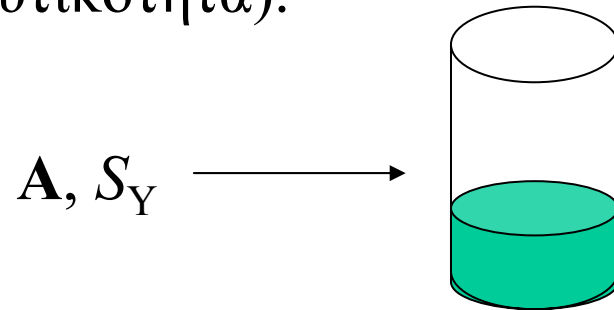


ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

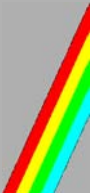
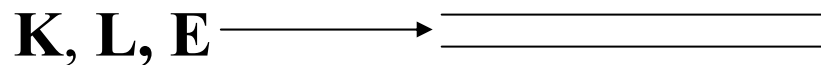
Εννοιολογική απόδοση δικτύου ροής

Υδραυλικό ανάλογο

Στις δεξαμενές αποδίδονται όλες οι ιδιότητες σχετικές με αποθήκευση (εμβαδόν κυττάρων, ειδική αποθήκευση ή αποθηκευτικότητα).



Στους αγωγούς αποδίδονται όλες οι ιδιότητες σχετικές με μεταφορά (αγωγιμότητα, απόσταση κέντρων βάρους, κοινή ακμή).



ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Εννοιολογική απόδοση δικτύου ροής

Συνοριακές συνθήκες

- σταθερού υδραυλικού ύψους μοντελοποιούνται με μια ιδεατή δεξαμενή με μεγάλη βάση.
- εκφόρτισης σε πηγή μοντελοποιούνται επίσης με μια ιδεατή δεξαμενή με μεγάλη βάση στην οποία επιτρέπεται μόνο να λάβει νερό.

Φορτίσεις (κατεισδύσεις, αντλήσεις)

- μοντελοποιούνται με κατάλληλη μεταβολή της στάθμης των δεξαμενών.

Μεταβλητές κατάστασης

- Στάθμη στις δεξαμενές.

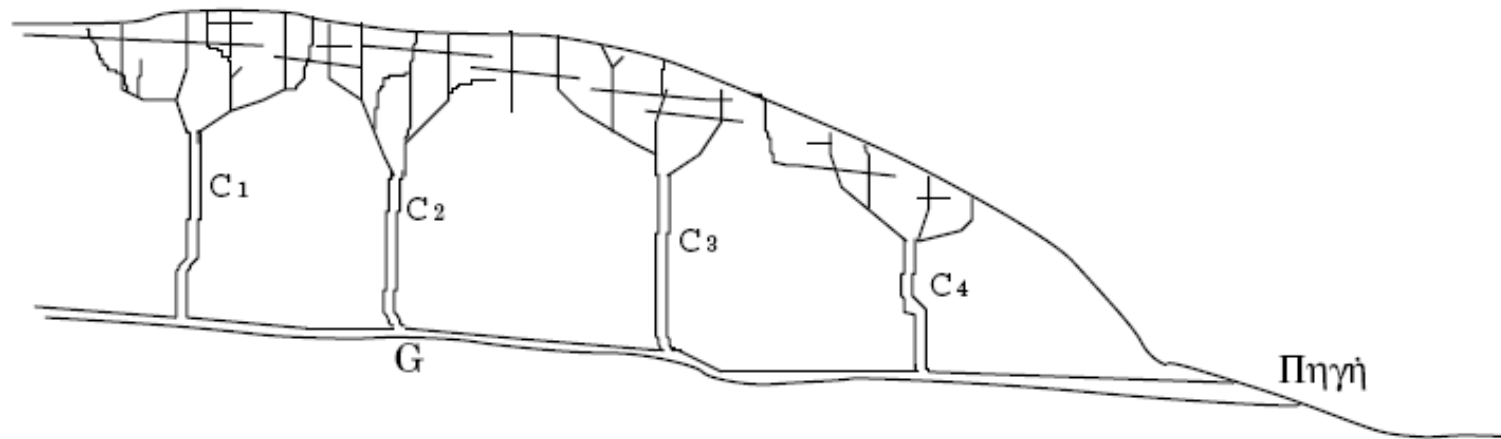


ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Ροή σε καρστικούς υδροφορείς

Υδρογεωλογία καρστικών υδροφορέων

Η ροή προσεγγίζεται καλύτερα από εξισώσεις της υδραυλικής ελεύθερων/υπό πίεση αγωγών.



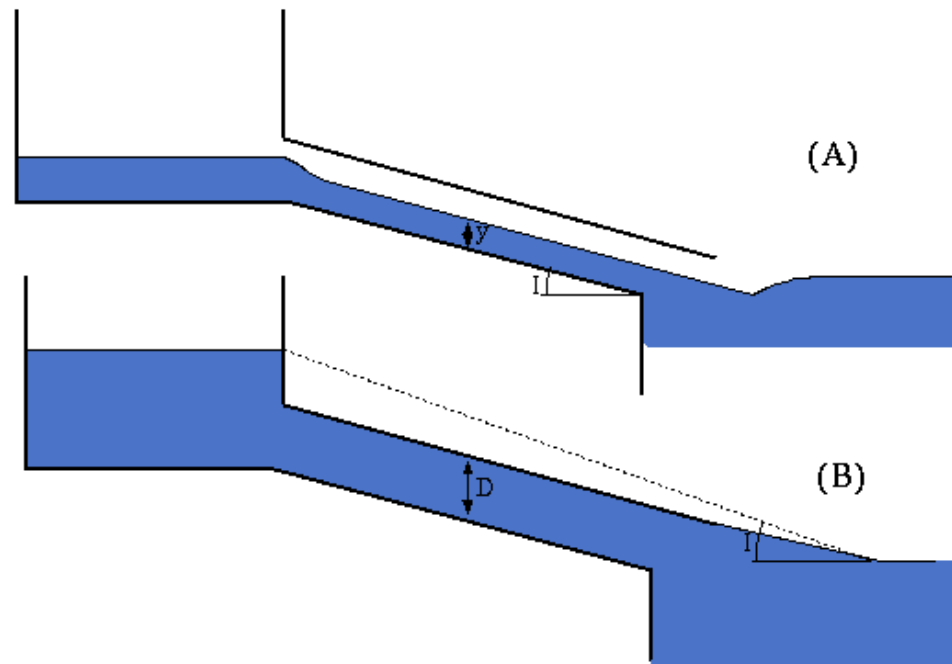
ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ



Ροή σε καρστικούς υδροφορείς

Μοντέλο ταμιευτήρα-εκκενωτή

Η ροή στον καρστικό αγωγό που εκφορτίζεται στη πηγή προσομοιάζεται με την υδραυλική συμπεριφορά των σηράγγων που παροχετεύουν νερό από ταμιευτήρα (π.χ. εκκενωτής πυθμένα) .



ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ



Ροή σε καρστικούς υδροφορείς

Μοντέλο ταμιευτήρα-εκκενωτή

$$Q = C \left(\frac{y}{D} \right)^\alpha I^{0.5}$$

Όπου:

Q παροχή που διέρχεται από τον αγωγό (m^3/s)

C παράγοντας αγωγιμότητας (m^3/s)

y/D ο λόγος του βάθους ροής εντός αγωγού προς το μέγιστο βάθος ροής

I η κλίση πυθμένα αν $y/D < 1$, η υδραυλική κλίση αν $y/D = 1$

α παράμετρος σχήματος



ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

3dkflow

Υλοποίηση

Κώδικας γραμμένος σε Pascal.

Ενσωματώνει ρητό (αναγκαστικός στη μικτή εξίσωση ροής) και πεπλεγμένο επιλυτή (επίλυση με κλασική μέθοδο Gauss ή με μέθοδο Gauss εξειδικευμένη για αραιούς πίνακες).



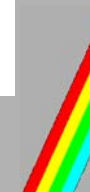
ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

3dkflow

Αυτόνομο

Οι ιδιότητες του υδροφορέα και η διακριτοποίηση, οι φορτίσεις και οι διακυμάνσεις στάθμης (έξοδος μοντέλου) καταχωρούνται σε αρχεία κειμένου.

Χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης Shuffled Complex Evolution (SCE).

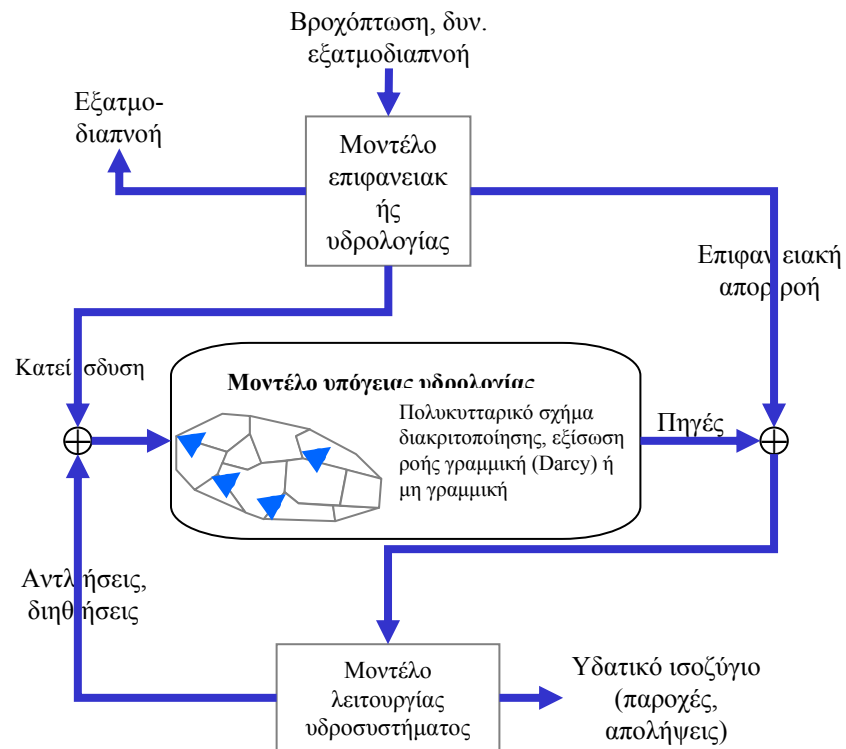


ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΛΑ

3dkflow

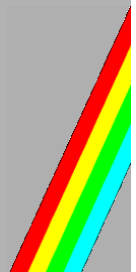
Άρθρωμα

Οι φορτίσεις προκύπτουν από μοντέλο εδαφικής υγρασίας. Η έξοδος τροφοδοτεί το μοντέλο του υδροσυστήματος.





ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ (ΠΚΜ) ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μέθοδος πεπερασμένων όγκων

Επικαμπύλιο ολοκλήρωμα

$$\operatorname{div}(\mathbf{K} \operatorname{grad} h) + G = S_S \frac{\partial h}{\partial t}$$

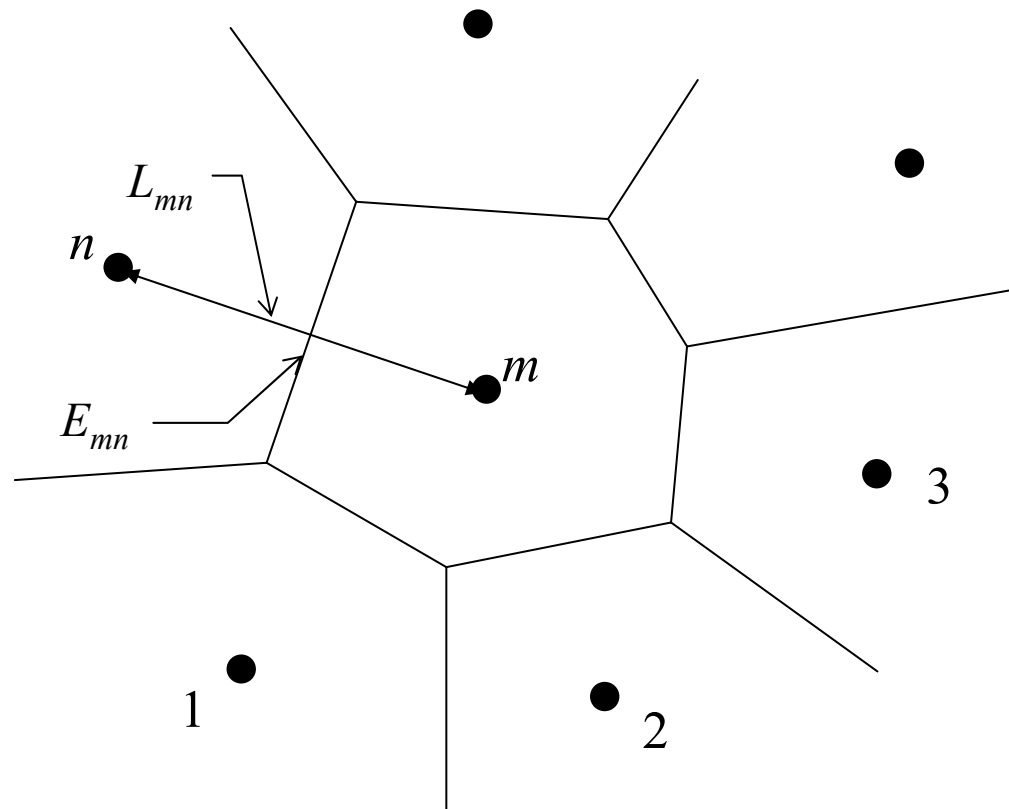
Ολοκλήρωση ως προς όγκο | κυττάρου και θεώρημα αποκλίσεως

$$\int_S \mathbf{K} \operatorname{grad} h \cdot \mathbf{n} \, d\mathbf{S} + GV = S_S V \frac{\partial h}{\partial t}$$

ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μέθοδος πεπερασμένων όγκων

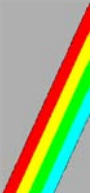
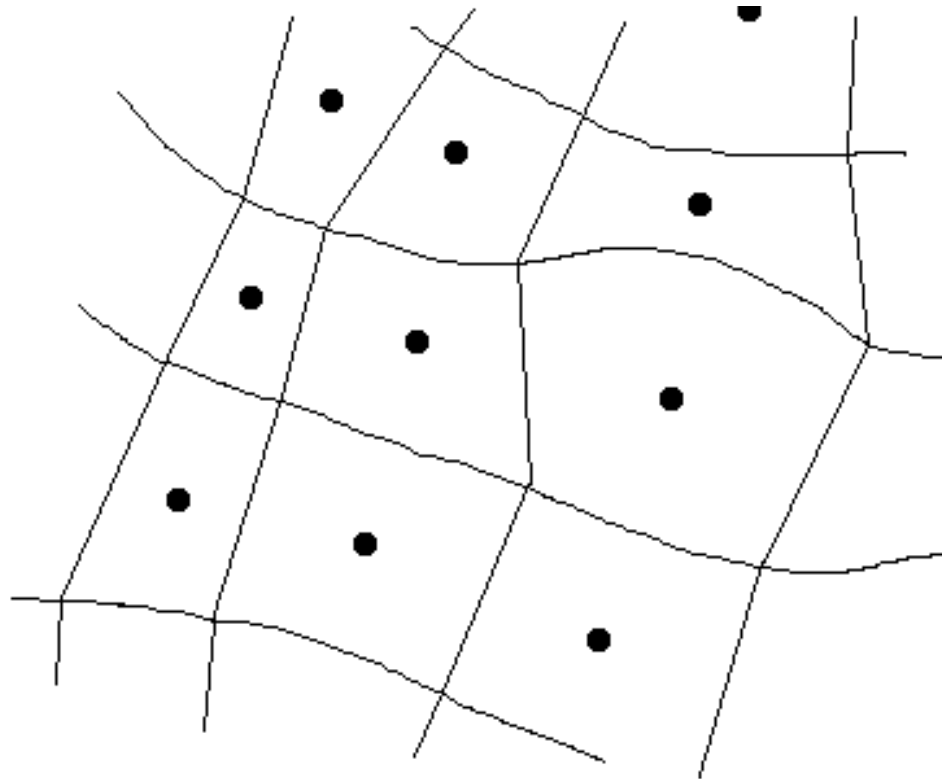
Συνήθης διακριτοποίηση (Voronoi)



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μέθοδος πεπερασμένων όγκων

Επιτηδευμένη διακριτοποίηση (φυσικές συντεταγμένες)



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μέθοδος πεπερασμένων όγκων

Απλοποιημένη ολοκλήρωση

Συνθήκες χάραξης κυττάρων σε **ισότροπο** υδροφορέα:

1. Οι ακμές των κυττάρων είναι:
 - γραμμές ροής ($K \operatorname{grad} h \cdot \mathbf{n} = 0$)
 - ισοδυναμικές γραμμές ($K \operatorname{grad} h \cdot \mathbf{n} = \pm K |\operatorname{grad} h|$)
2. Η ευθεία που ενώνει τα κέντρα βάρους των κυττάρων m και n είναι μεσοκάθετη στην κοινή ακμή τους (Voronoi).

Αν ισχύουν τα παραπάνω τότε σε κάθε ακμή:

$$K \operatorname{grad} h \cdot \mathbf{n} = K(h_n - h_m)/L_{nm}$$



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μέθοδος πεπερασμένων όγκων

Απλοποιημένη ολοκλήρωση

$$\int_{\mathbf{S}} \mathbf{K} \operatorname{grad} h \cdot \mathbf{n} \, d\mathbf{S} + GV = S_S V \frac{\partial h}{\partial t}$$

Ισότροπος* υδροφορέας και συνθήκες χάραξης κυττάρων

$$\sum_n K_{mn} \frac{h_n - h_m}{L_{mn}} E_{mn} + G_m V_m = S_{S_m} V_m \frac{\Delta h_m}{\Delta t}$$

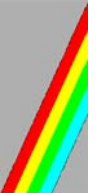
*Ανισότροπος υδροφορέας μπορεί να μετατραπεί σε ισότροπο με κατάλληλο μετασχηματισμό (Strack, 1999) των συντεταγμένων.

ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μέθοδος πεπερασμένων όγκων

Είδη σφαλμάτων

- = 1. Σφάλμα αποκοπής (προσέγγιση παραγώγου).
- ↓ 2. Σφάλμα αναπαράστασης.
- + 3. Σφάλμα αδρομερούς διακριτοποίησης.
- + 4. Σφάλμα λόγω μη μόνιμης ροής.



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων σε μόνιμες συνθήκες ροής

Σφάλματα λόγω αδρομέρειας

Σε μόνιμες συνθήκες ροής:

$$\int_{\mathbf{S}} \mathbf{K} \operatorname{grad} h \cdot \mathbf{n} \, d\mathbf{S} + GV = 0$$

Λόγω αδυναμίας τήρησης των συνθηκών χάραξης:

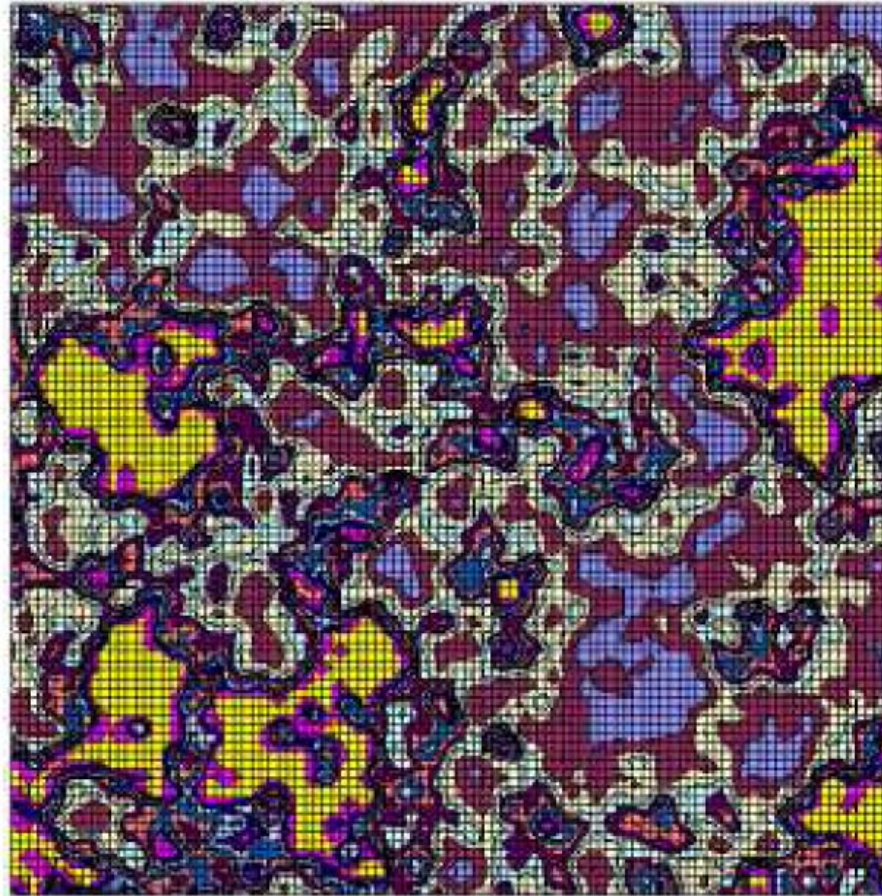
$$\int_{\mathbf{S}} \mathbf{K} \operatorname{grad} h_{\text{apr}} \cdot \mathbf{n} \, d\mathbf{S} + GV + R = 0$$

Ο υδροφορέας επιλύεται χρησιμοποιώντας σαν εξωτερική φόρτιση το R (ρετροεφαρμογή) για να υπολογιστεί η διάχυση του σφάλματος στον κάνναβο.

ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων σε μόνιμες συνθήκες ροής Συνθετικός υδροφορέας

Παραγωγή πεδίου
αγωγιμότητας με
στοχαστικό 2D
μοντέλο.



50 km

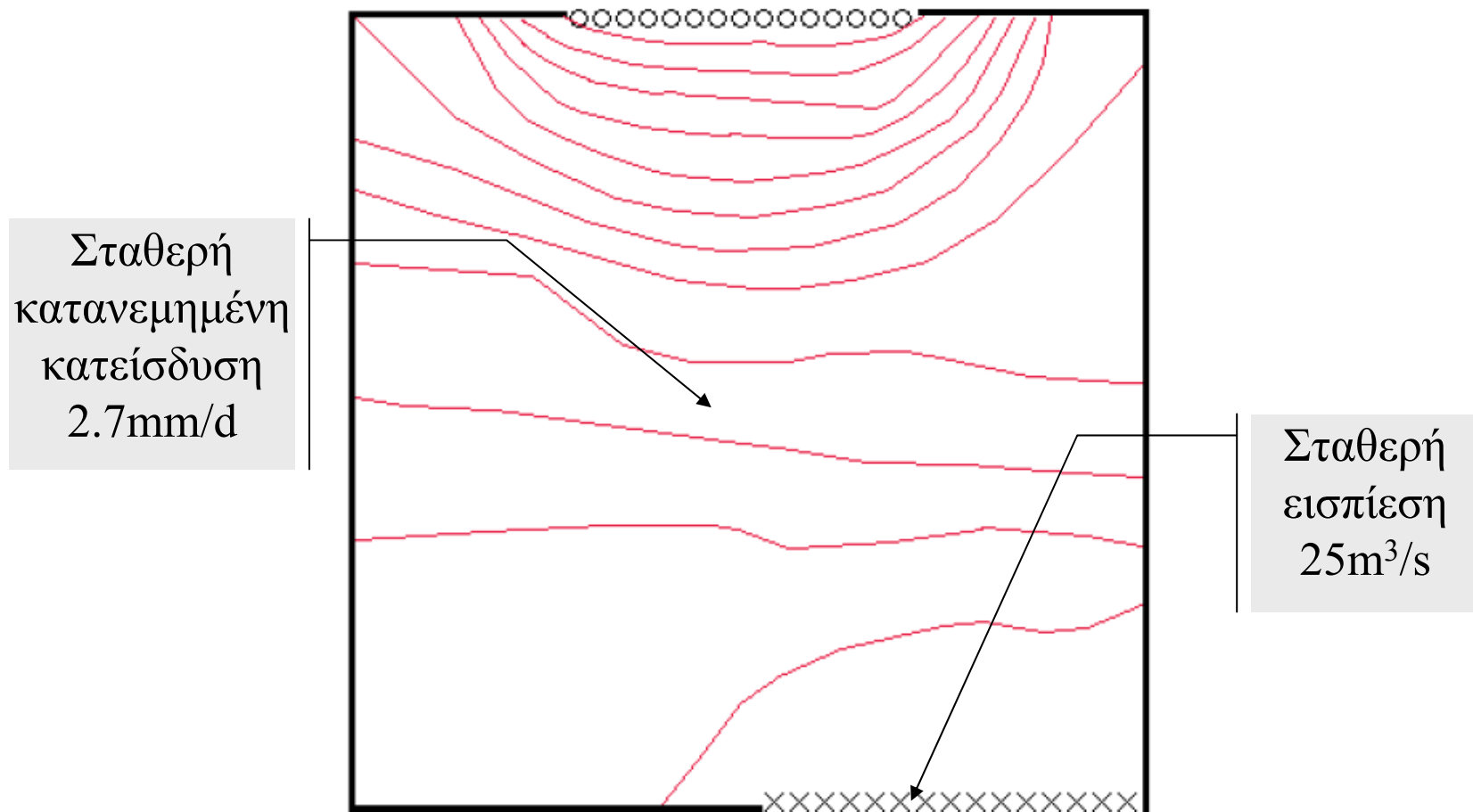
50 km



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων αδρομέρειας (μόνιμες συνθήκες ροής)

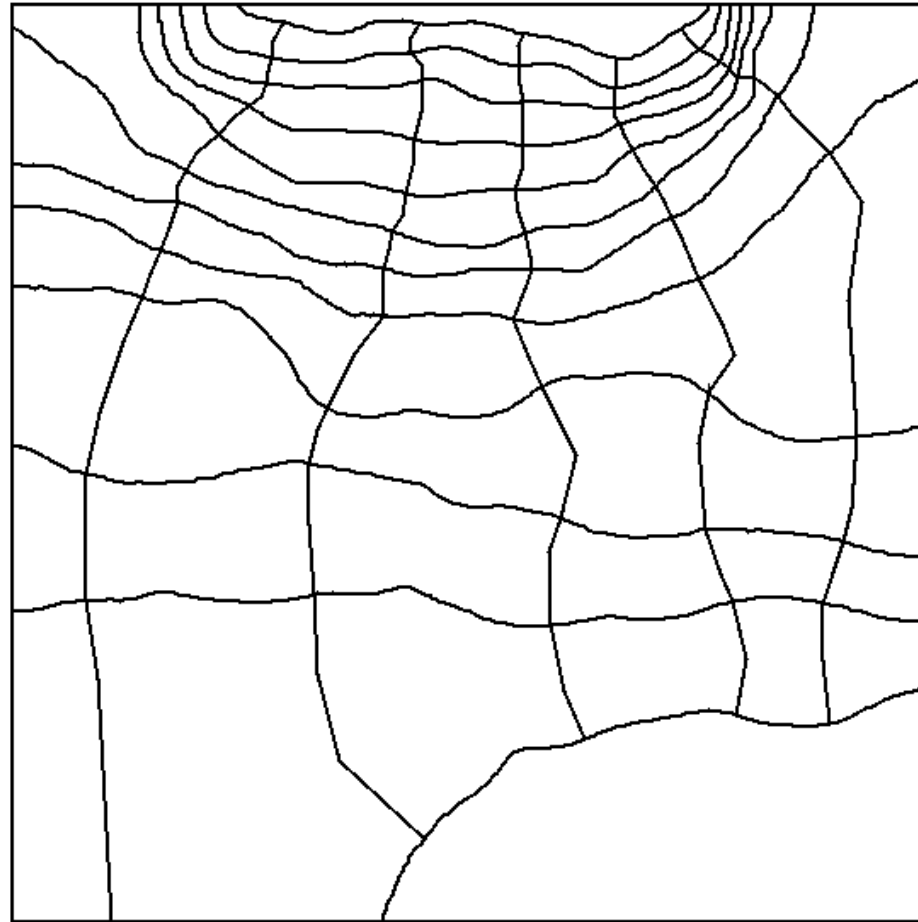
Συνοριακές συνθήκες και φορτίσεις συνθετικού υδροφορέα



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων αδρομέρειας (μόνιμες συνθήκες ροής)

Διακριτοποίηση συνθετικού υδροφορέα με 68 κύτταρα

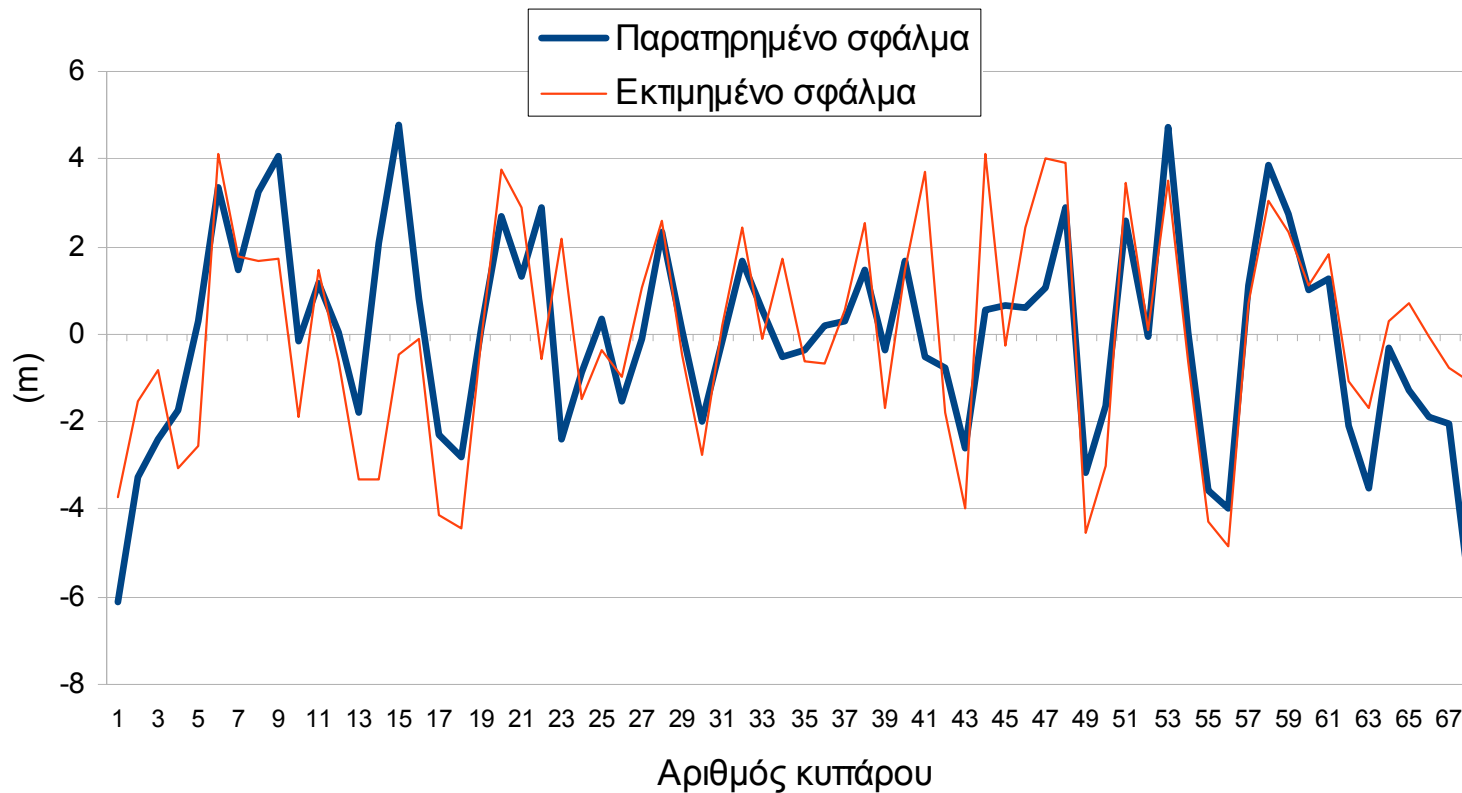


ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων αδρομέρειας (μόνιμες συνθήκες ροής)

Εκτίμηση σφάλματος

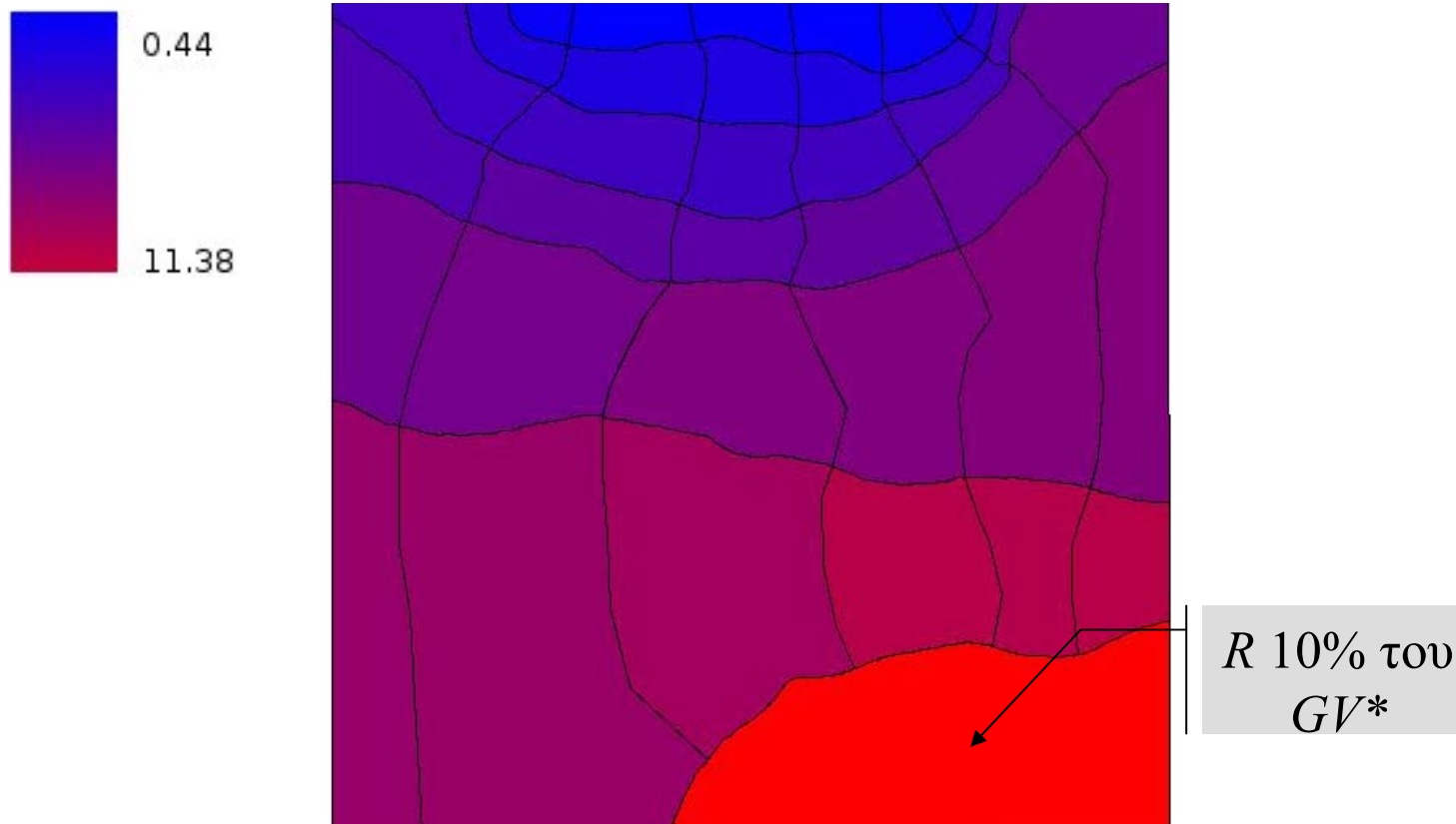
Εκτιμημένο σφάλμα από ρετροεφαρμογή και «παρατηρημένο» από σύγκριση με MODFLOW.



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων αδρομέρειας (μόνιμες συνθήκες ροής)

Διάχυση σφάλματος

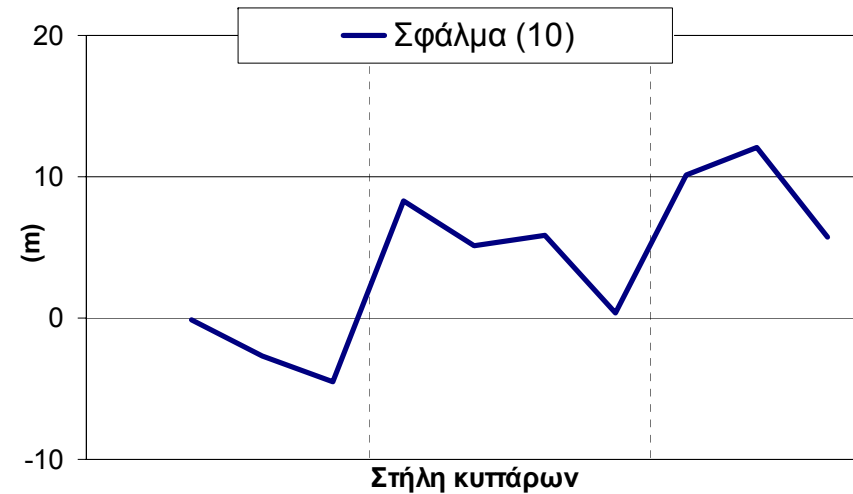
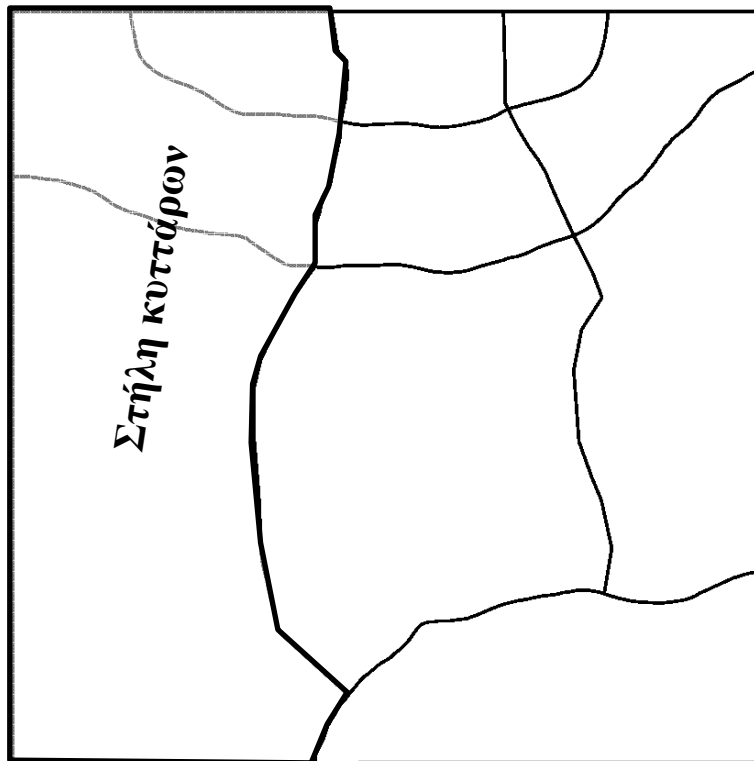


* R και GV όπως ορίστηκαν για την εξίσωση $\int_S \mathbf{K} \text{grad} h_{\text{apr}} \cdot \mathbf{n} dS + GV + R = 0$

ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων αδρομέρειας (μόνιμες συνθήκες ροής)

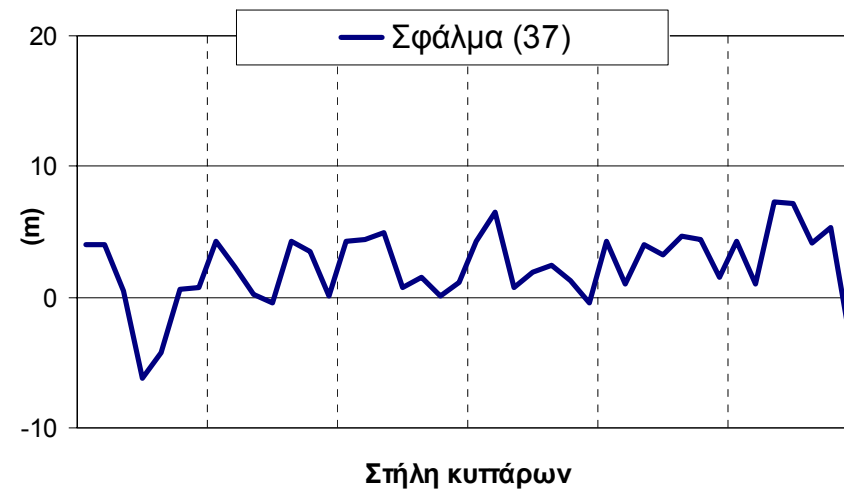
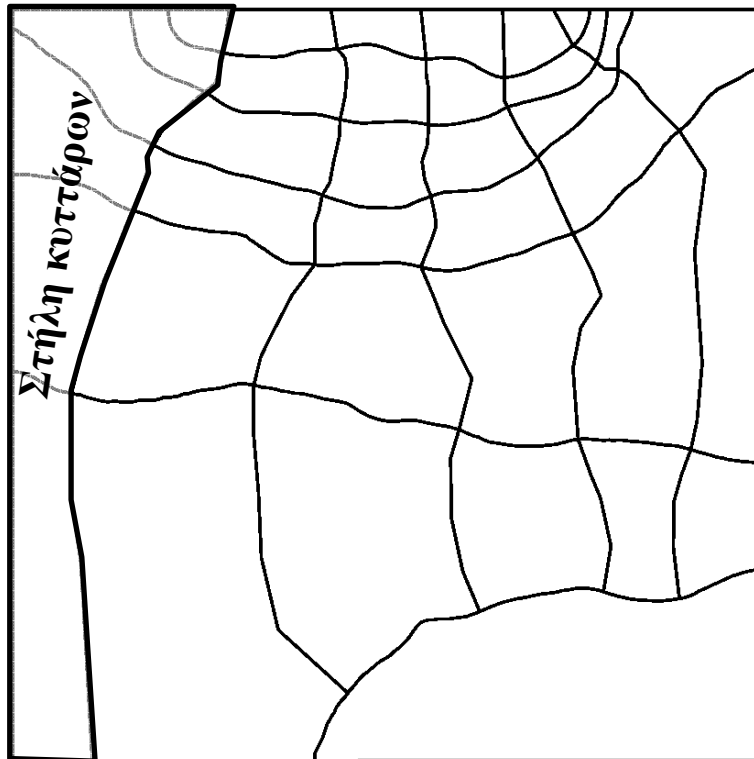
Κάβναβος 10 κυττάρων



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων αδρομέρειας (μόνιμες συνθήκες ροής)

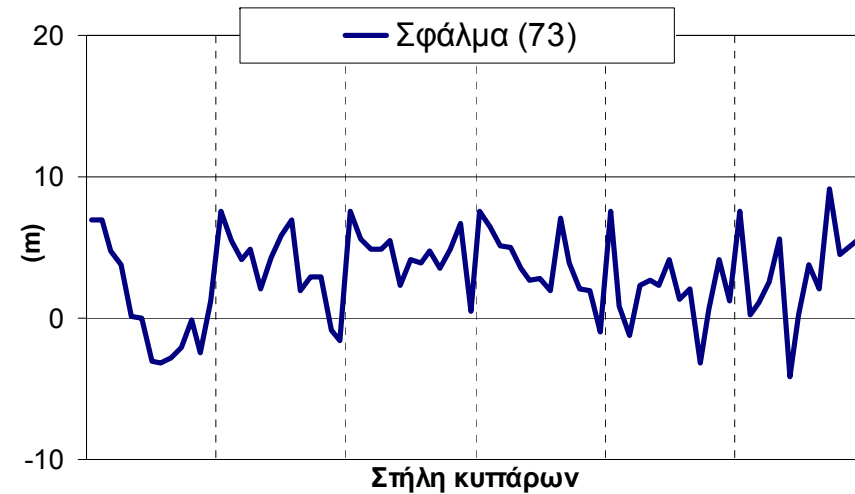
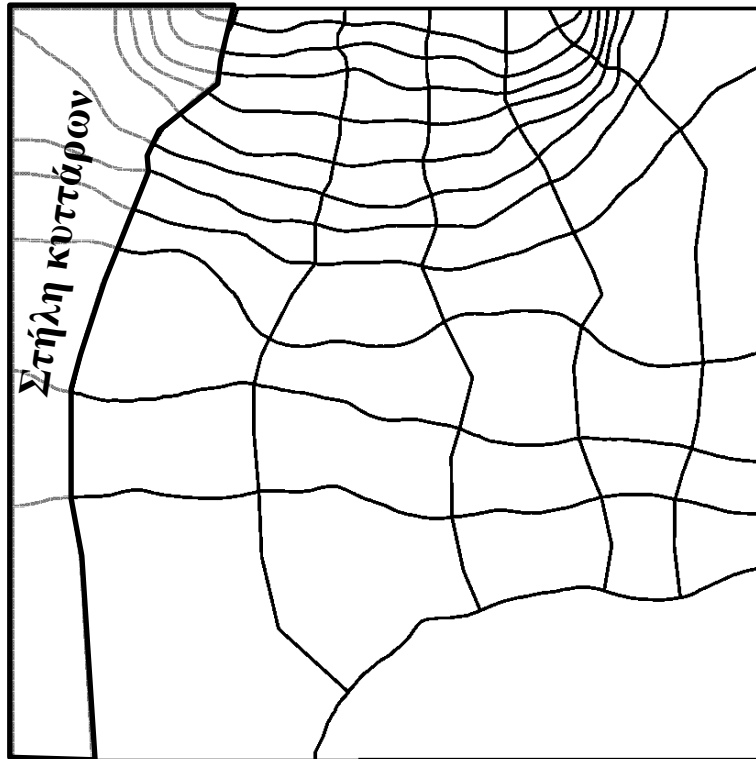
Κάναβος 37 κυττάρων



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων αδρομέρειας (μόνιμες συνθήκες ροής)

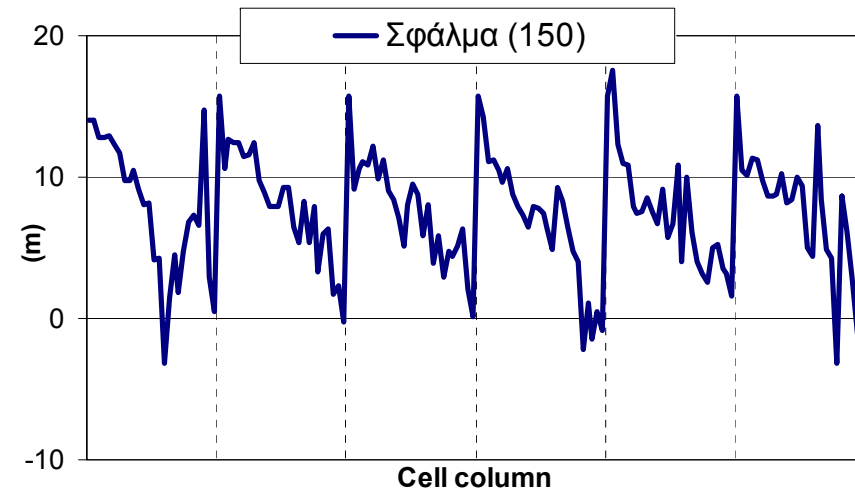
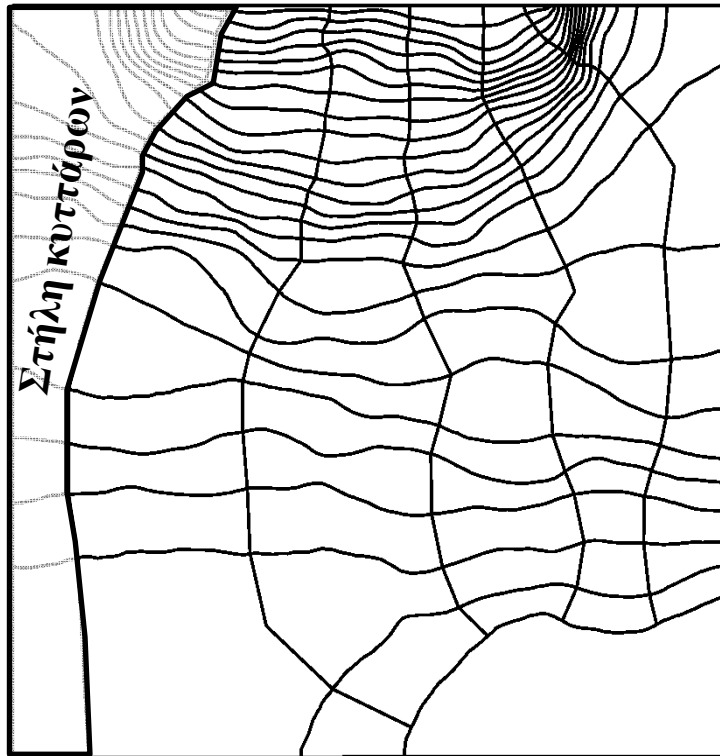
Κάναβος 73 κυττάρων



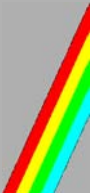
ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Μελέτη σφαλμάτων αδρομέρειας (μόνιμες συνθήκες ροής)

Κάβναβος 150 κυττάρων



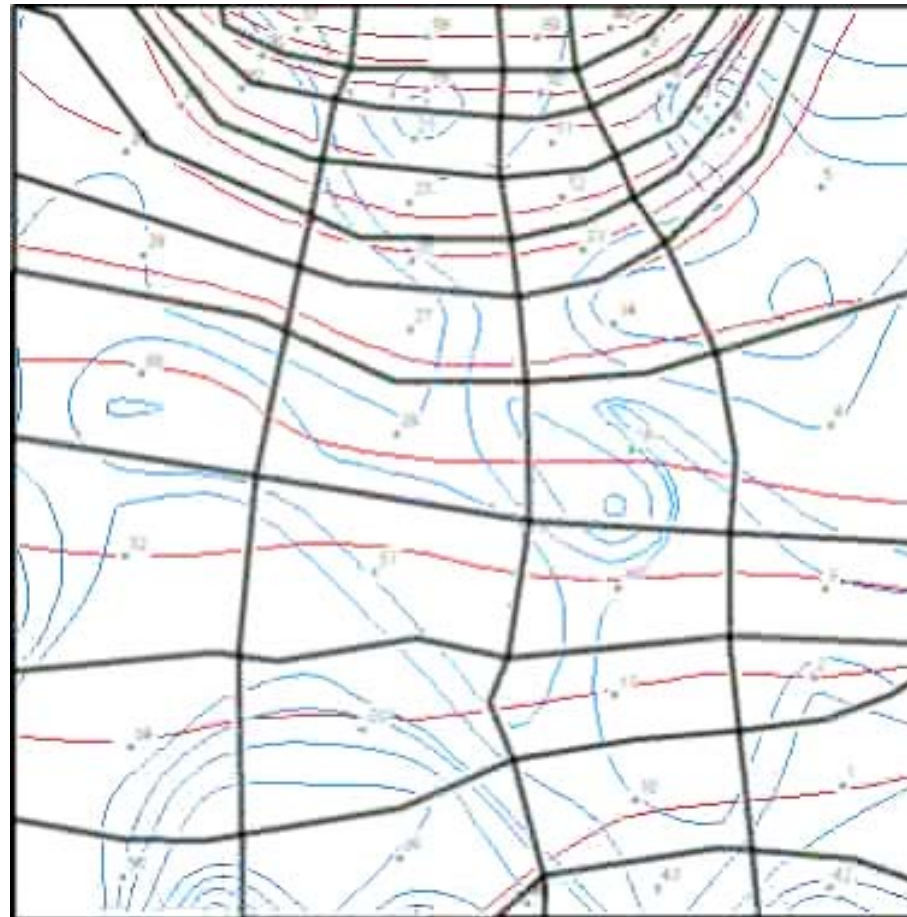
Προσοχή στη χάραξη (προϋποθέσεις, λόγος διαστάσεων)



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

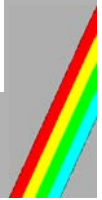
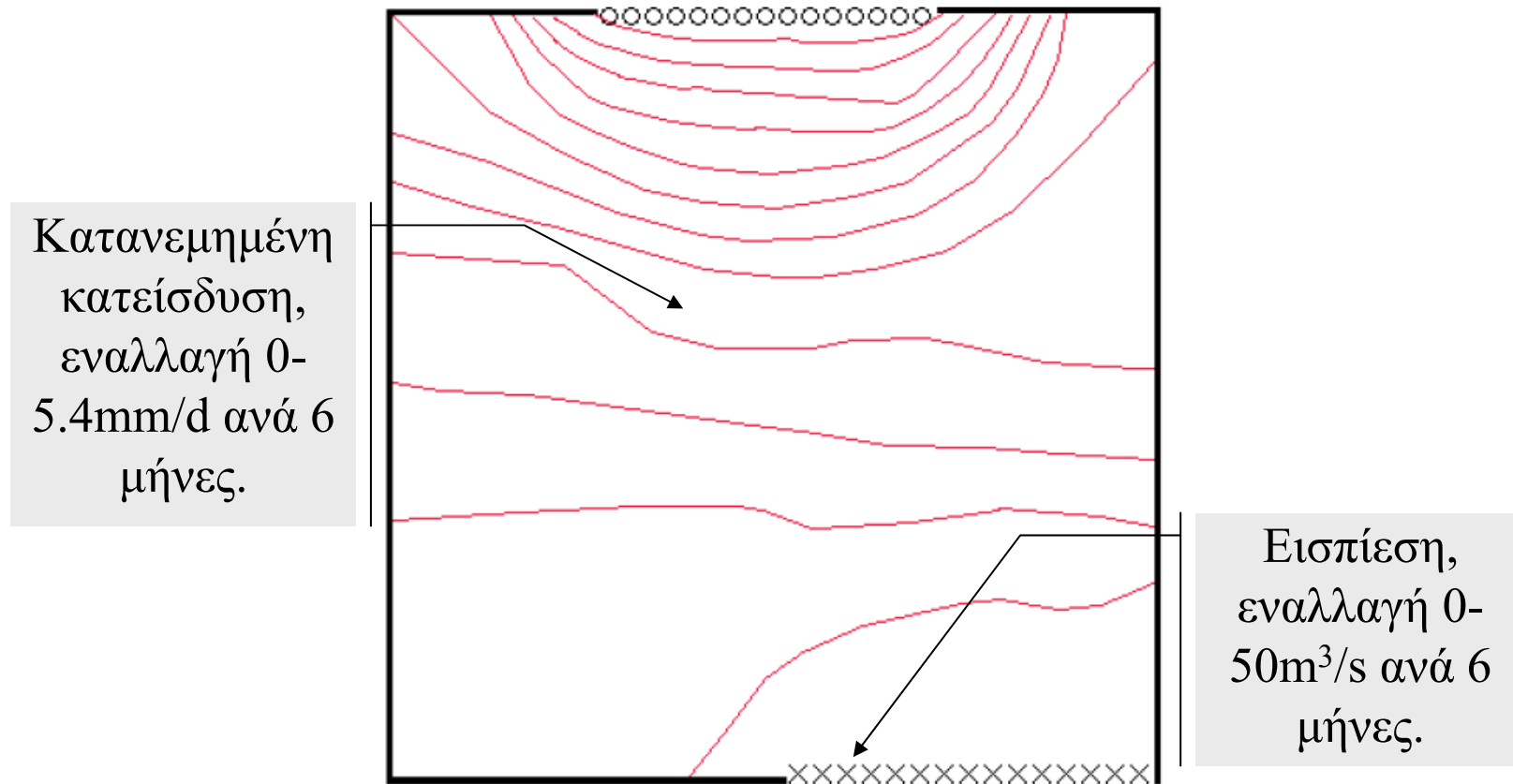


- Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή
- Μεταβολή ισοδυναμικών γραμμών σε μη μόνιμη ροή



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή
Συνοριακές συνθήκες και φορτίσεις συνθετικού υδροφορέα



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή

Διακριτοποίηση

4 κάρναβοι MODFLOW

4 κάρναβοι 3dkflow (ισοδυναμικές από επίλυση MODFLOW)

Παραμετροποίηση

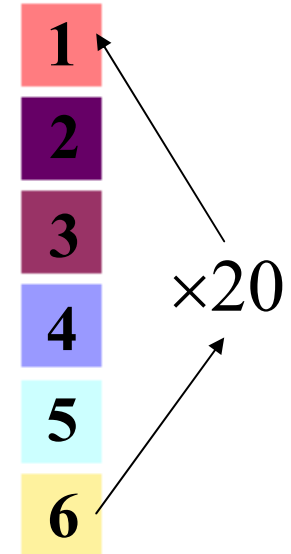
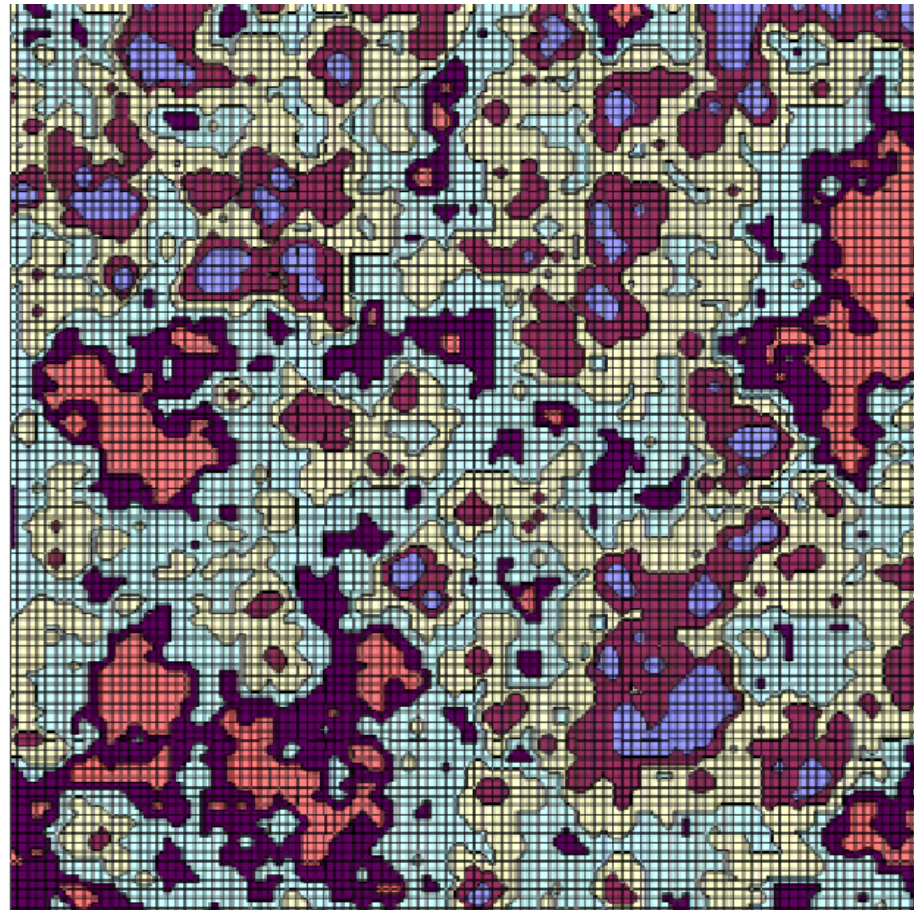
Γνωστό το πεδίο αγωγιμοτήτων και στα δύο μοντέλα.



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή

Παραμετροποίηση με έξι ζώνες, κάρναβος 100×100



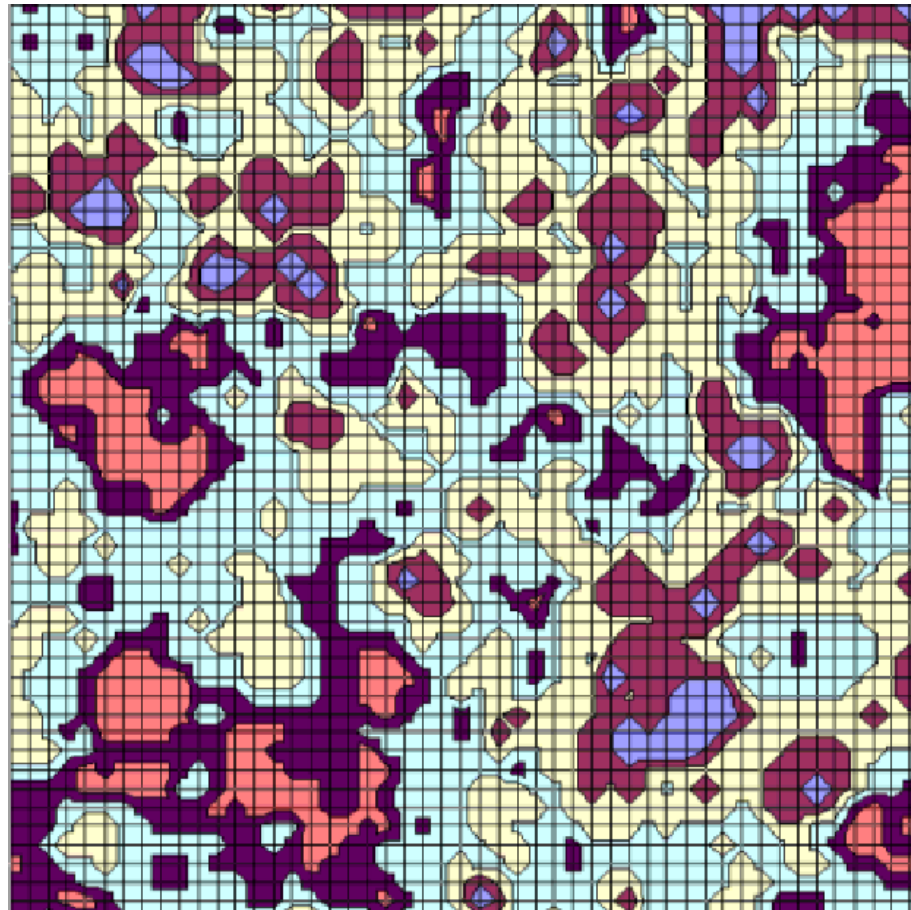
1:[0.14, +∞), 2:[0.07, 0.14), 3: [0.03, 0.07), 4:[0.014, 0.03), 5:[0.007, 0.014), 6:[0,0.007) (m/s)



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή

Παραμετροποίηση με έξι ζώνες, κάρναβος 50×50

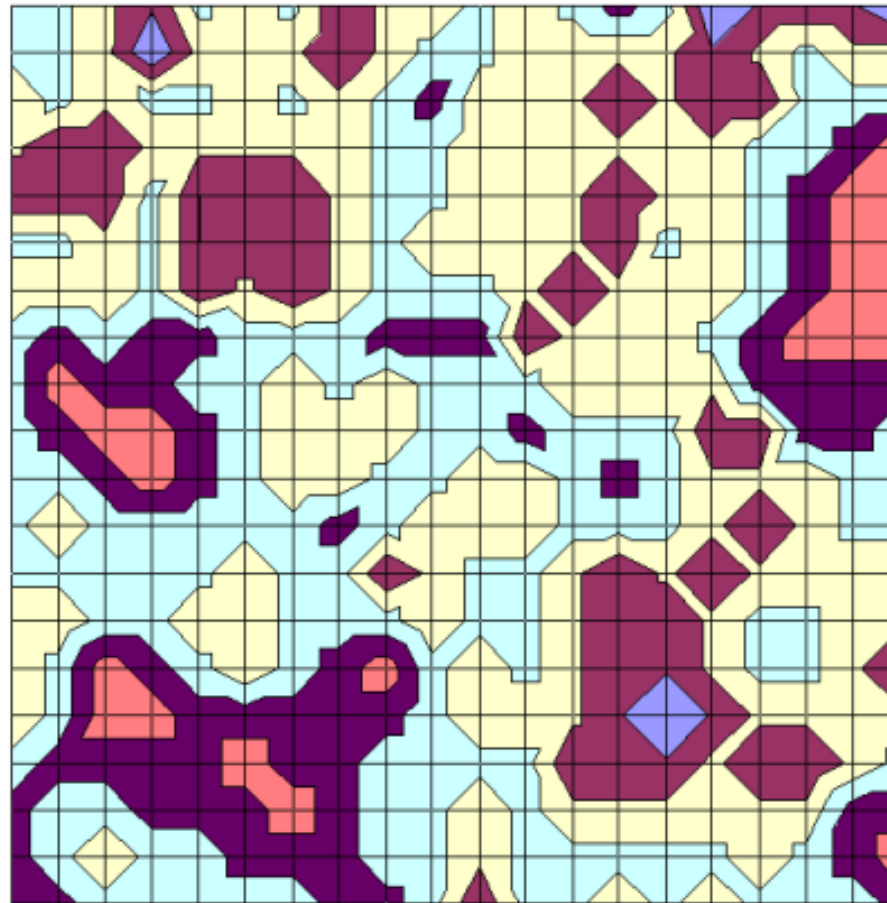


1:[0.14, +∞), 2:[0.07, 0.14), 3: [0.03, 0.07), 4:[0.014, 0.03), 5:[0.007, 0.014), 6:[0,0.007) (m/s)

ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή

Παραμετροποίηση με έξι ζώνες, κάρναβος 20×20

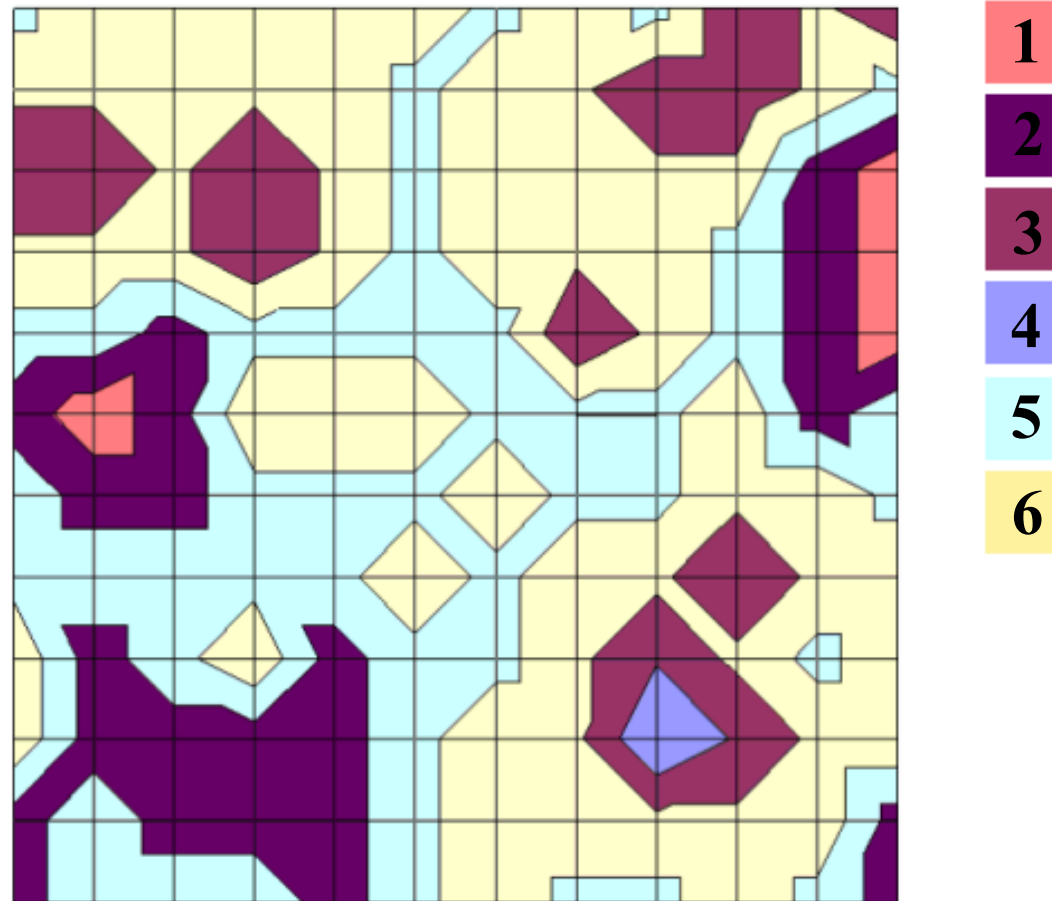


1:[0.14, +∞), 2:[0.07, 0.14), 3: [0.03, 0.07), 4:[0.014, 0.03), 5:[0.007, 0.014), 6:[0,0.007) (m/s)

ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή

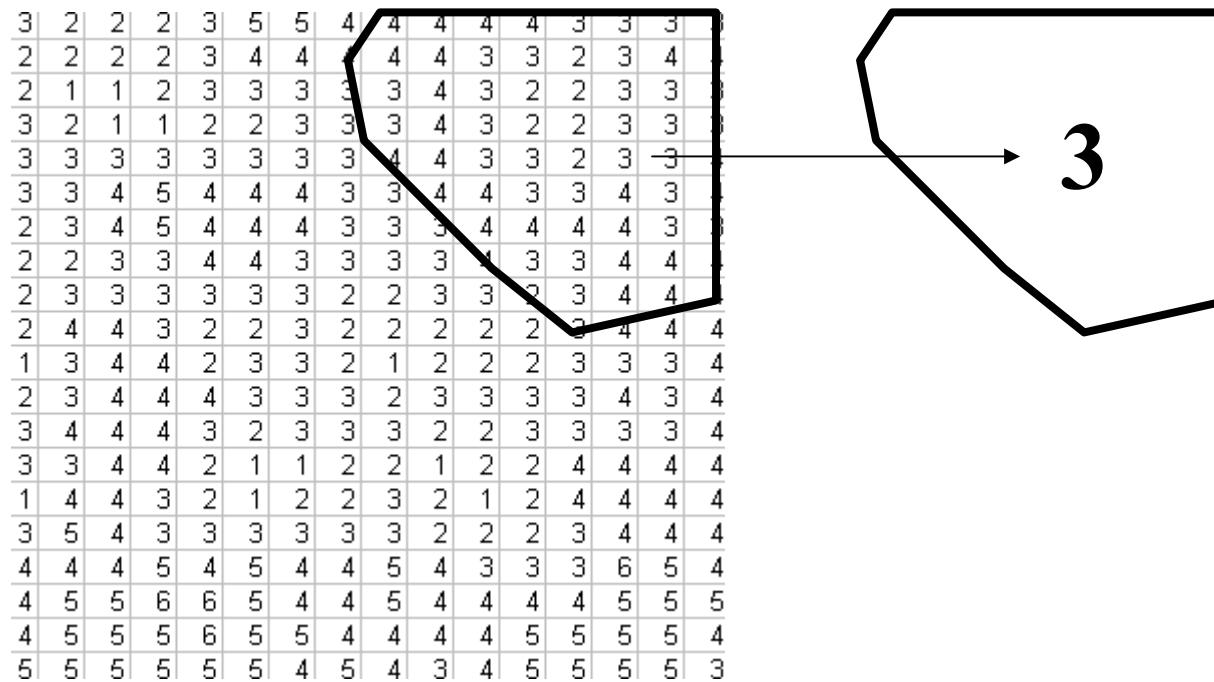
Παραμετροποίηση με έξι ζώνες, κάρναβος 12×12



1:[0.14, +∞), 2:[0.07, 0.14), 3: [0.03, 0.07), 4:[0.014, 0.03), 5:[0.007, 0.014), 6:[0,0.007) (m/s)

ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή
Μέθοδος παραμετροποίησης 3dkflow

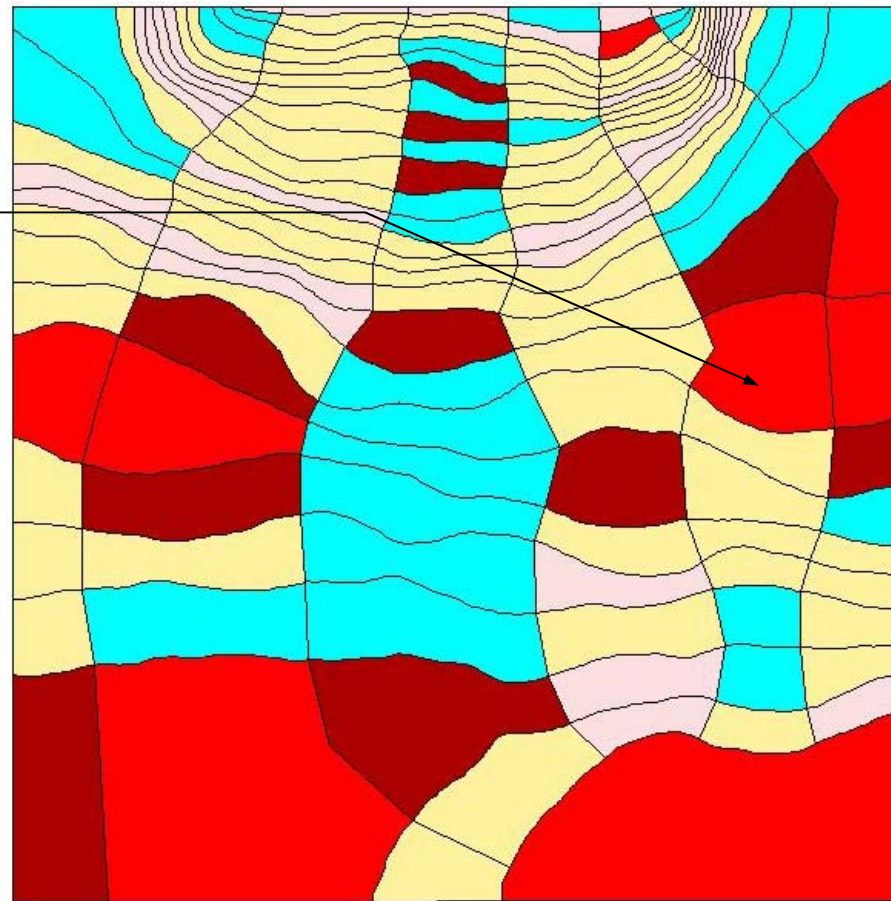


ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή

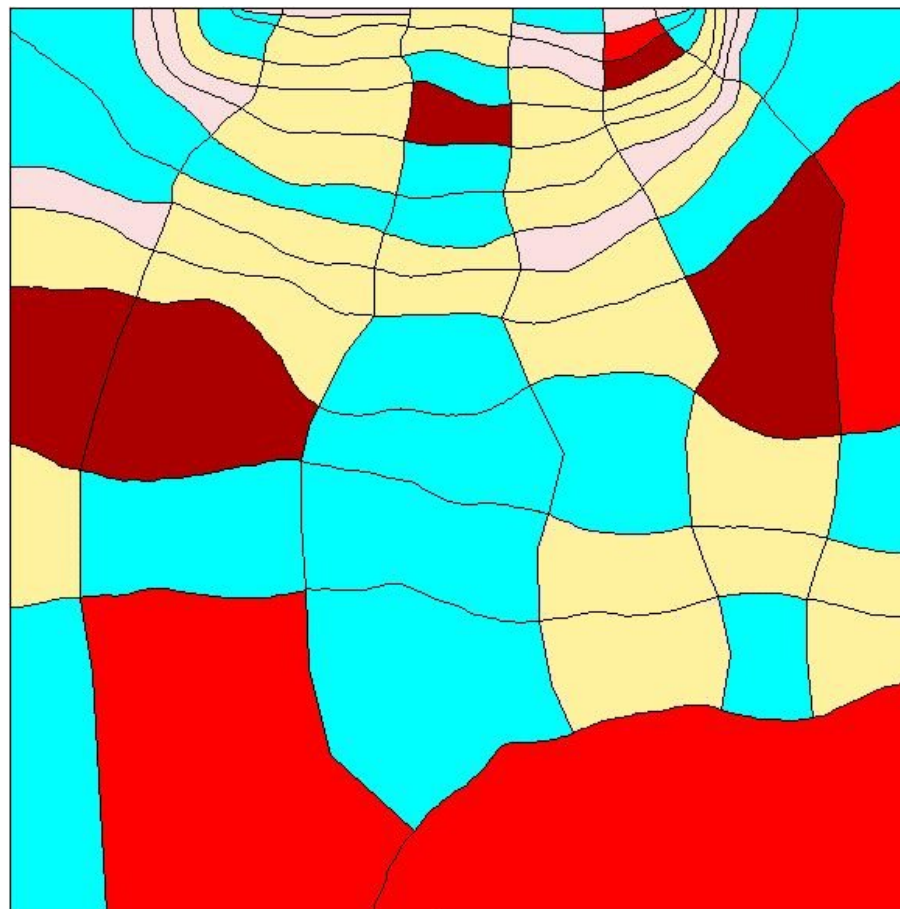
Παραμετροποίηση με πέντε ζώνες, κάρναβος 150 κυττάρων

! Ζώνες υψηλής αγωγιμότητας εκεί που οι ισοδυναμικές αραιώνουν.



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

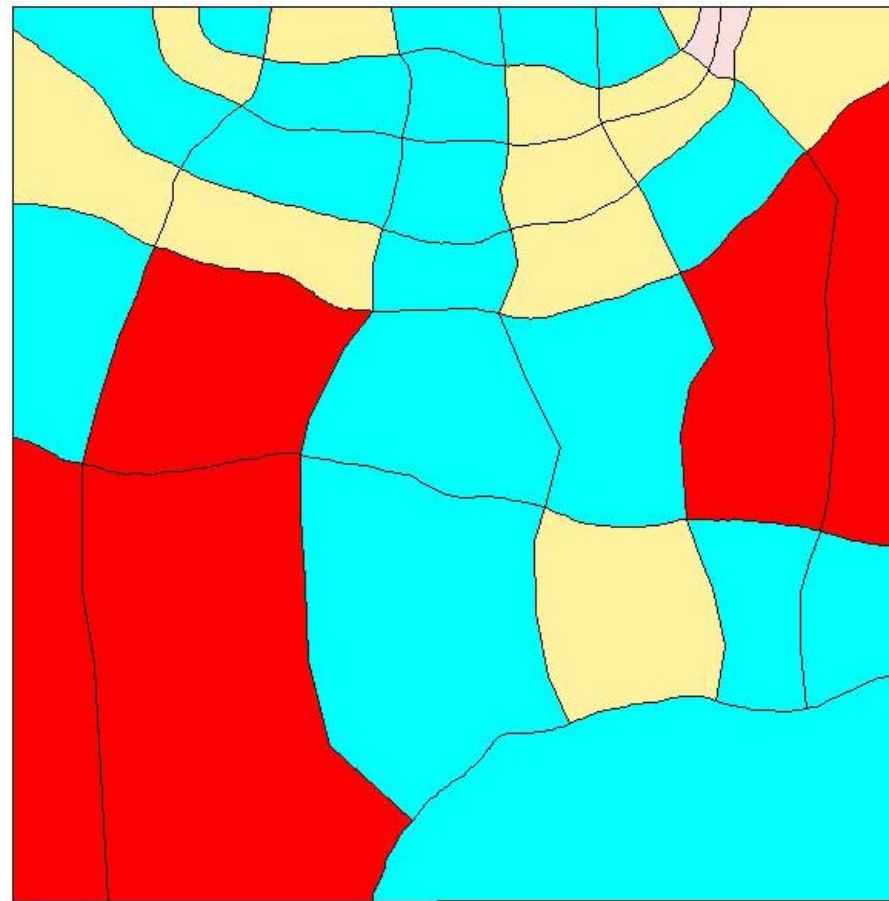
Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή
Παραμετροποίηση με πέντε ζώνες, κάρναβος 73 κυττάρων



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

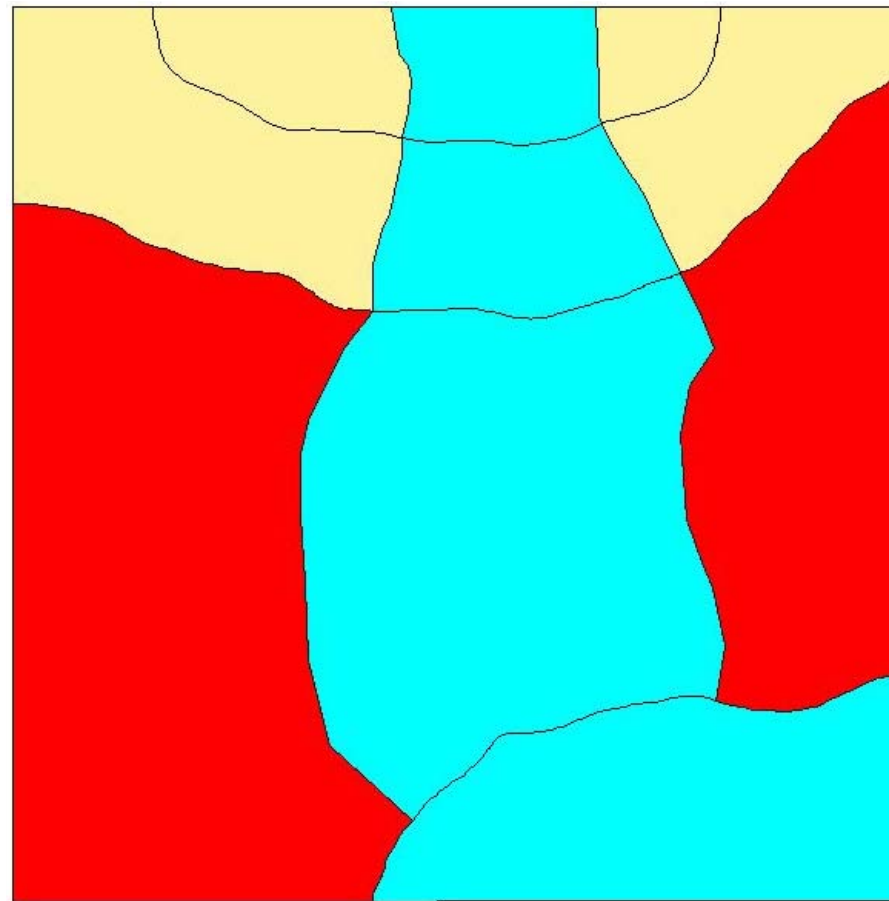
Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή

Παραμετροποίηση με τέσσερις ζώνες, κάρναβος 37 κυττάρων



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή
Παραμετροποίηση με τρεις ζώνες, κάρναβος 10 κυττάρων



ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή

Έλεγχος σφάλματος

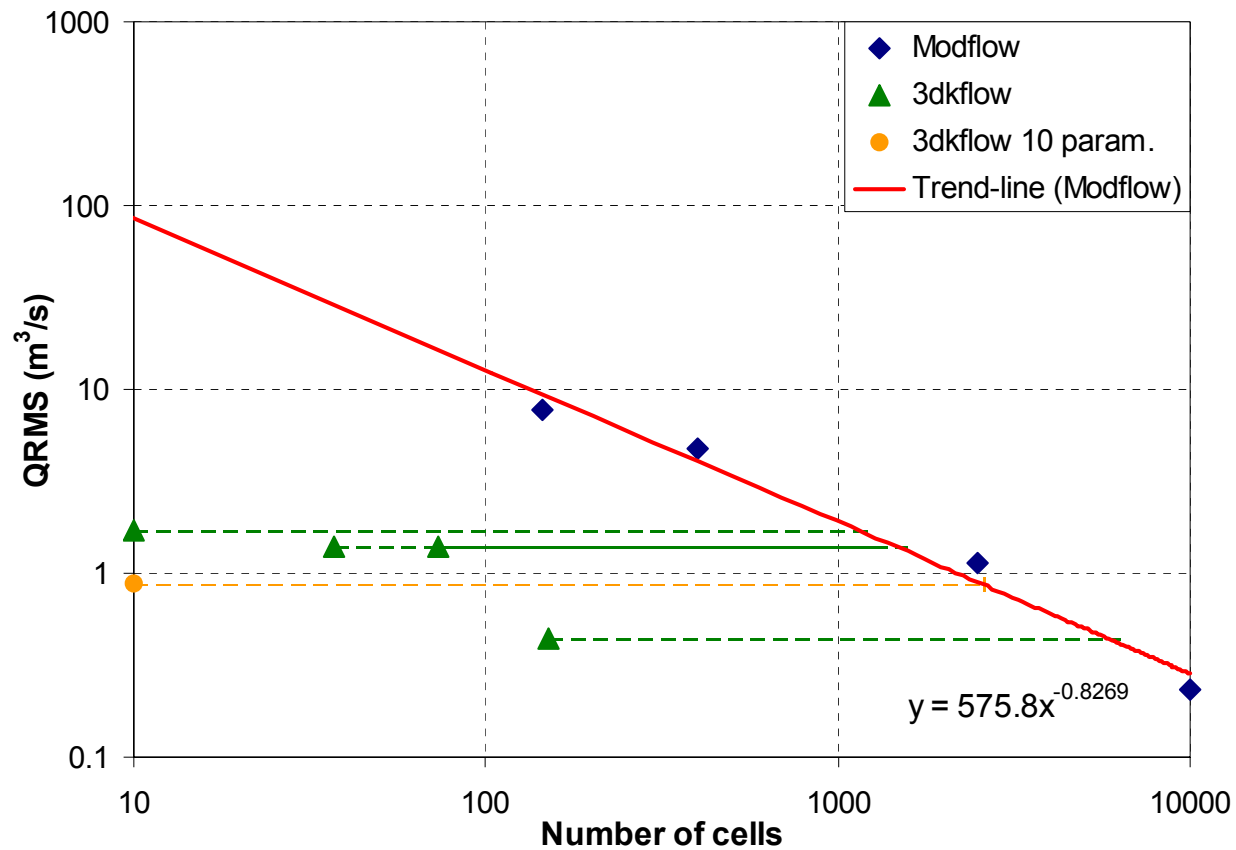
Μετά από ρύθμιση παραμέτρων (δίκτυο μετρήσεων 8×8 από συνθετικό υδροφορέα), μελετάται το σφάλμα ως προς:

- προσομοιωμένη παροχή.
- προσομοιωμένα υδραυλικά φορτία.
- εκτιμημένες παραμέτρους.



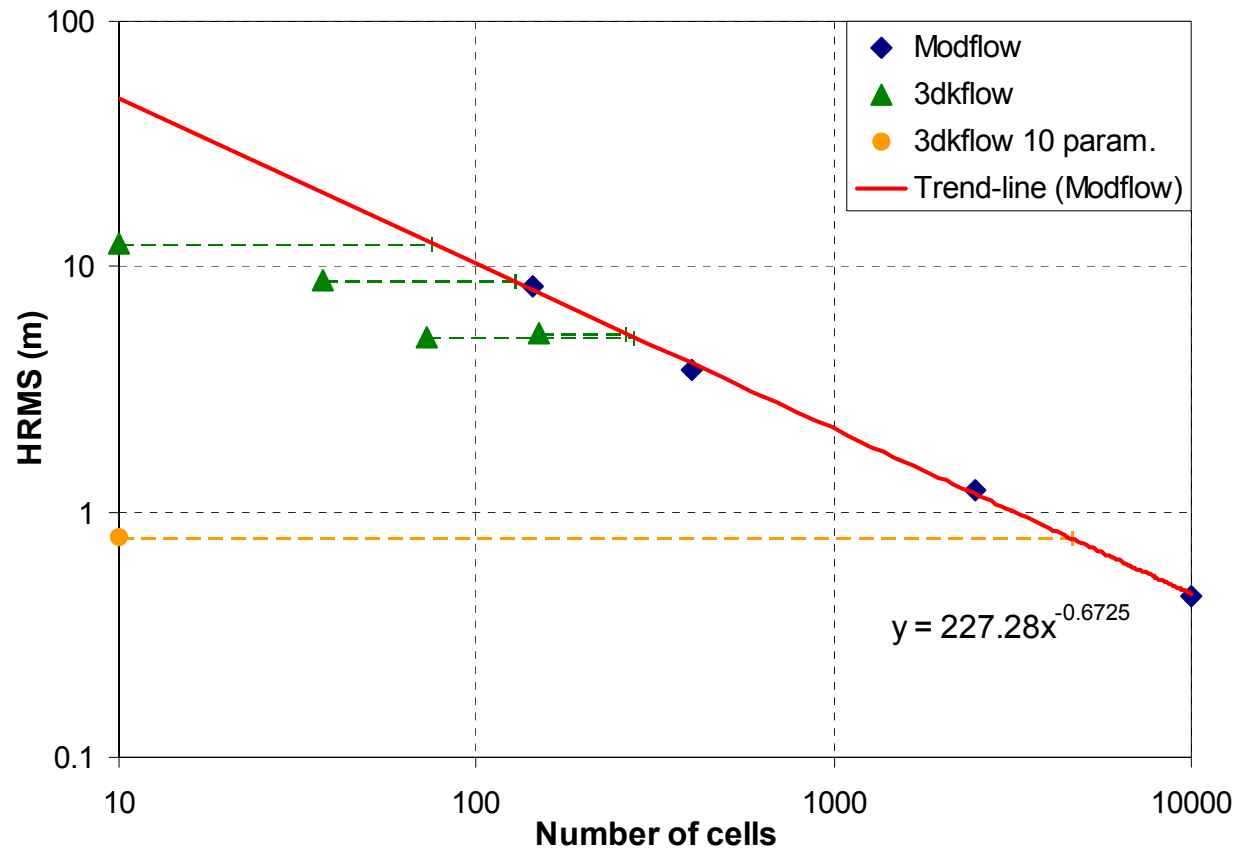
ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή Σφάλμα προσομοιωμένης παροχής



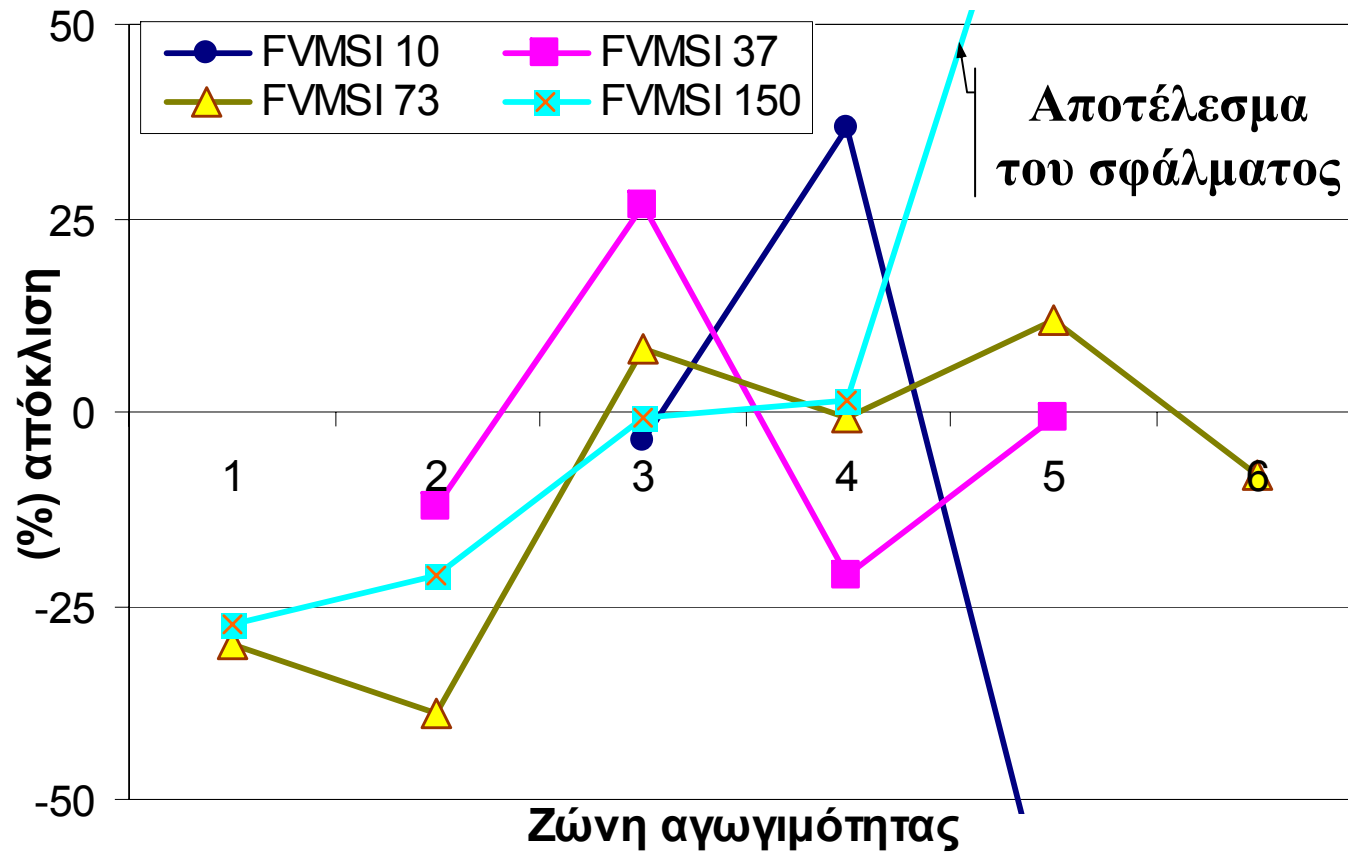
ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή Σφάλματα προσομοιωμένων υδραυλικών φορτίων



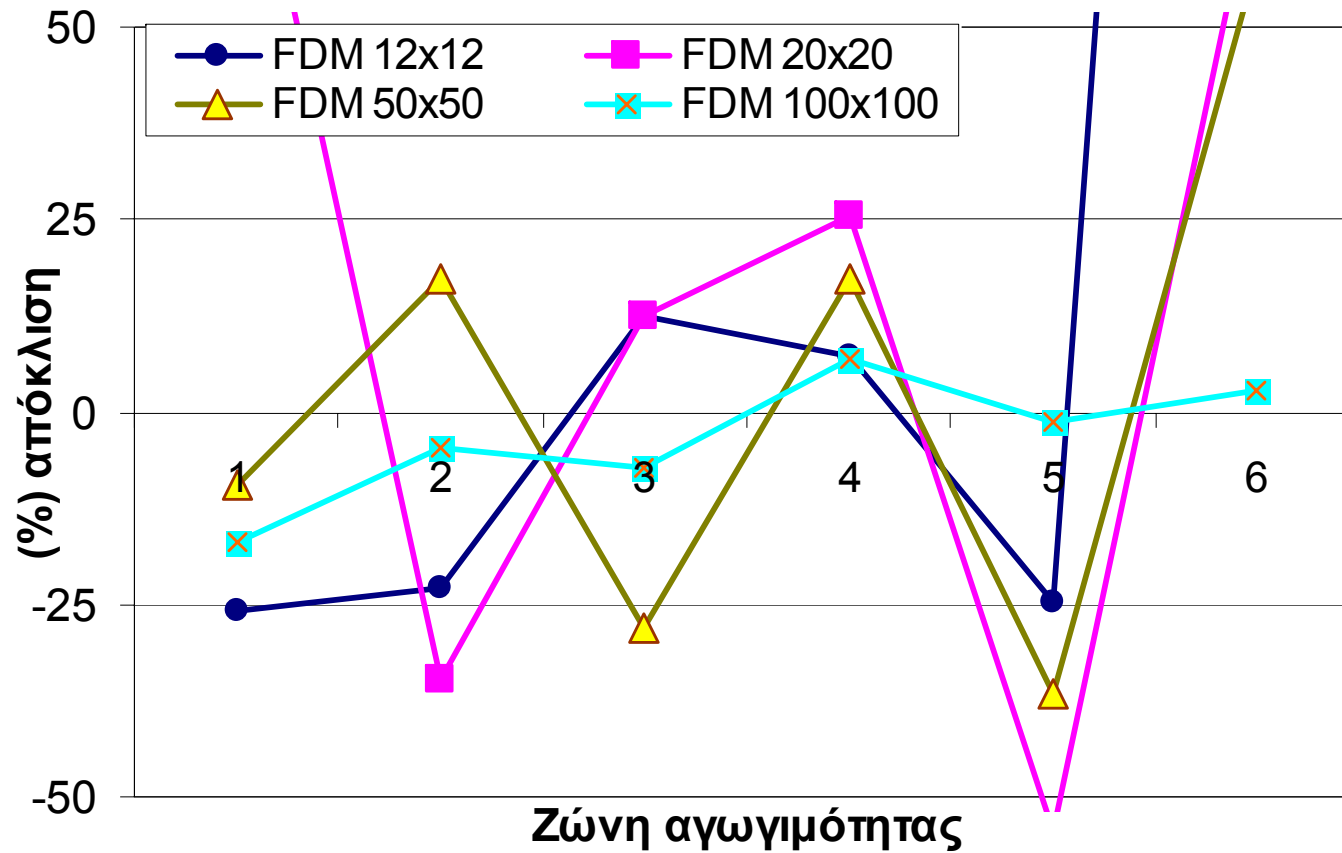
ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή
Σφάλματα εκτιμημένων παραμέτρων με ΠΚΜ



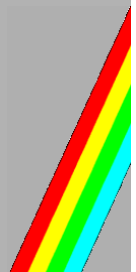
ΠΚΜ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ

Αριθμητική διερεύνηση σφαλμάτων σε μη μόνιμη ροή Σφάλματα εκτιμημένων παραμέτρων με MODFLOW





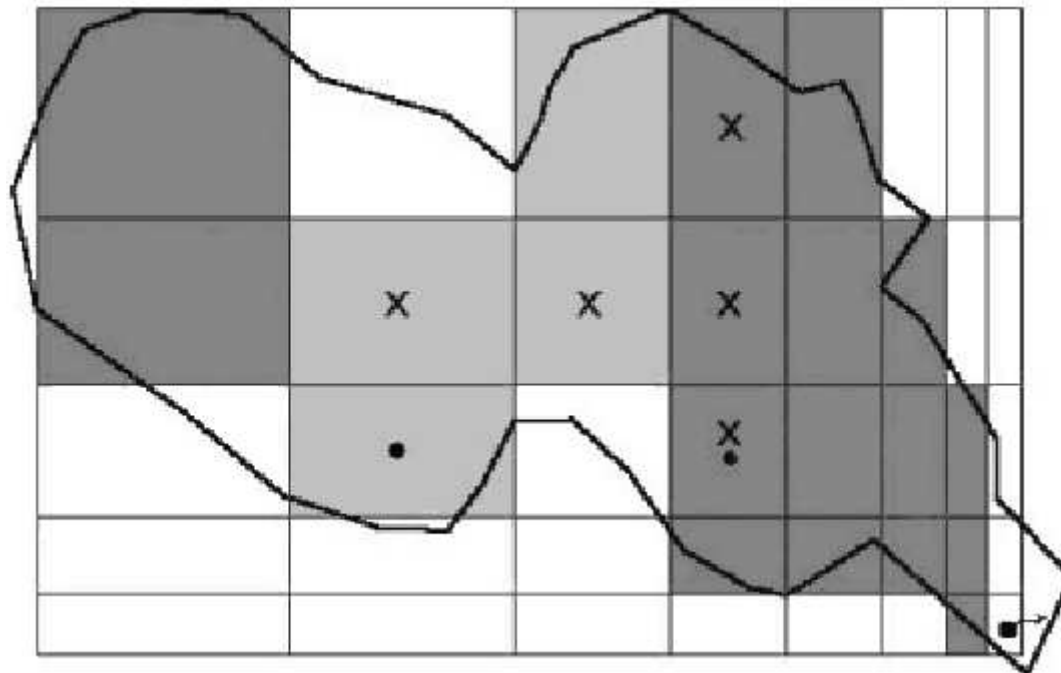
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Αλμυρός Αγίου Νικολάου

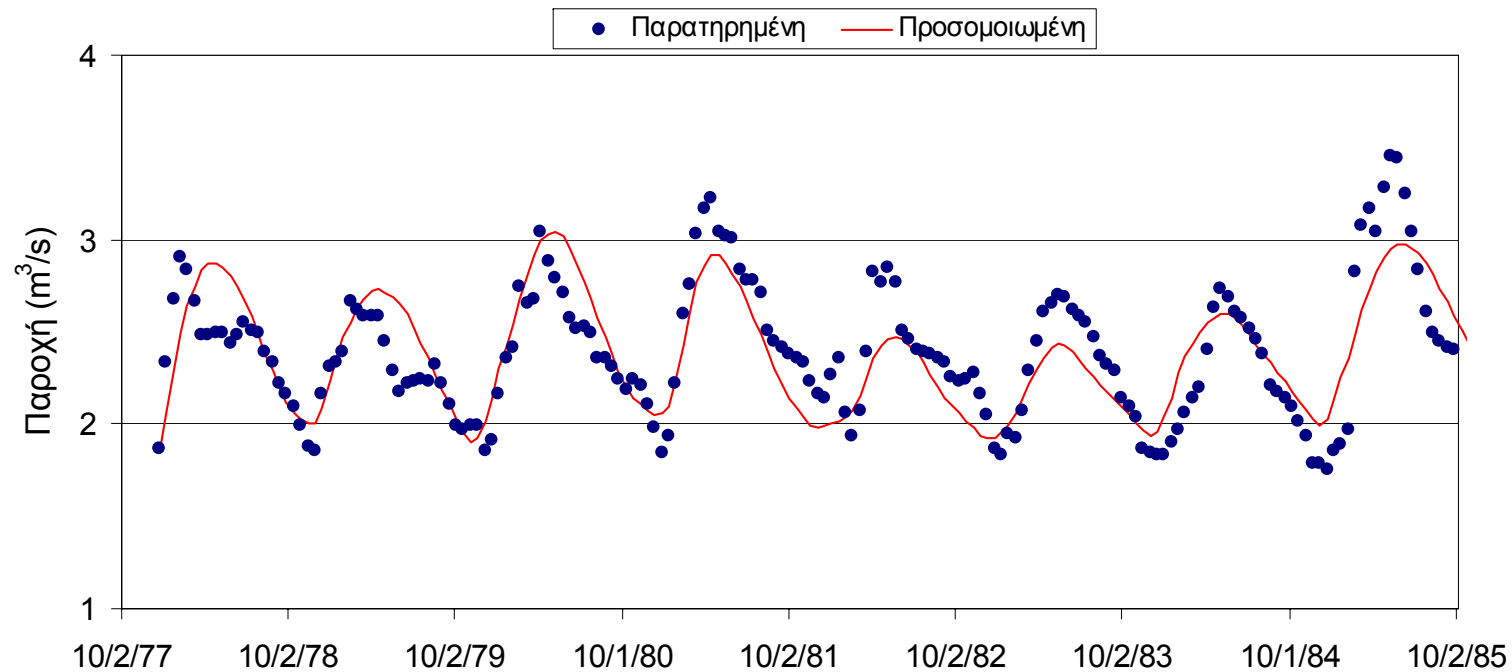
Ορθογωνική διακριτοποίηση



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Αλμυρός Αγίου Νικολάου

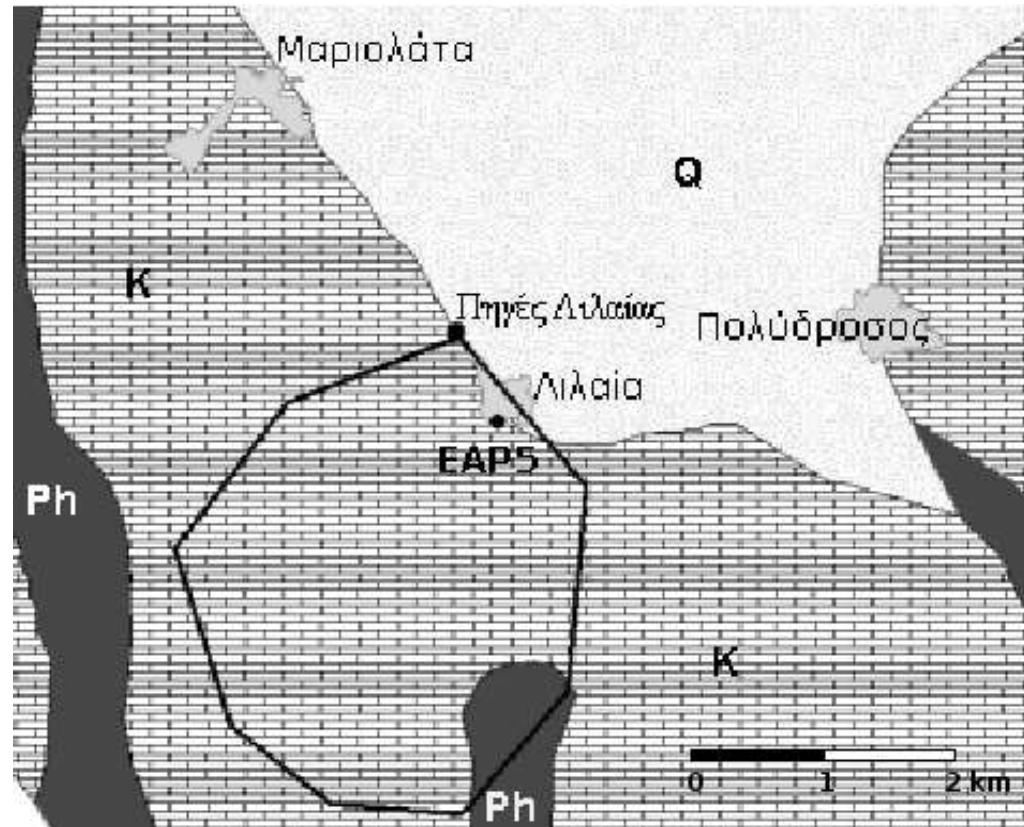
Προσομοιωμένη παροχή με μικτή εξίσωση και Darcy



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Πηγές Λιλαίας

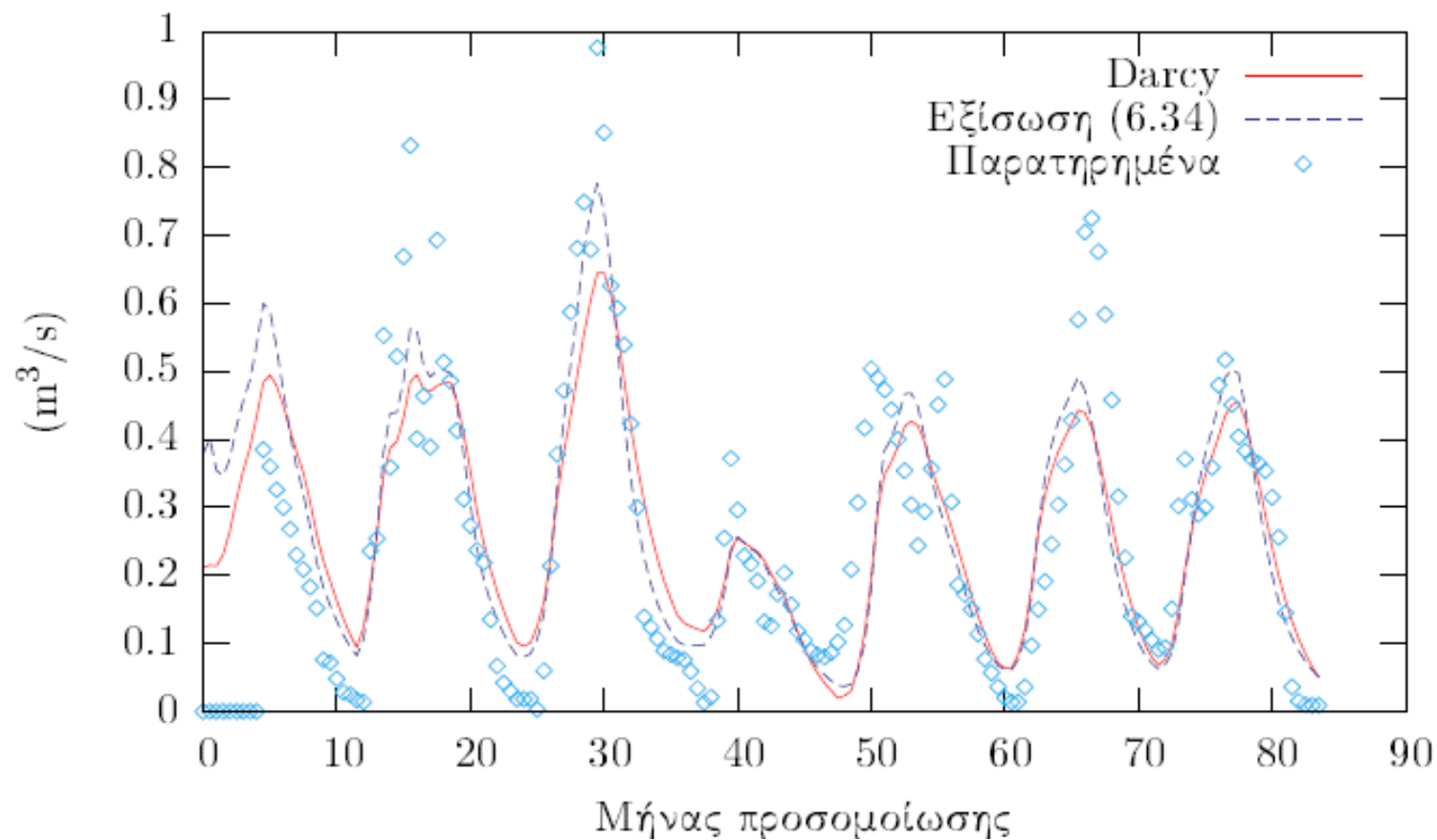
Ολιγοκυτταρικό μοντέλο



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Πηγές Λιλαίας

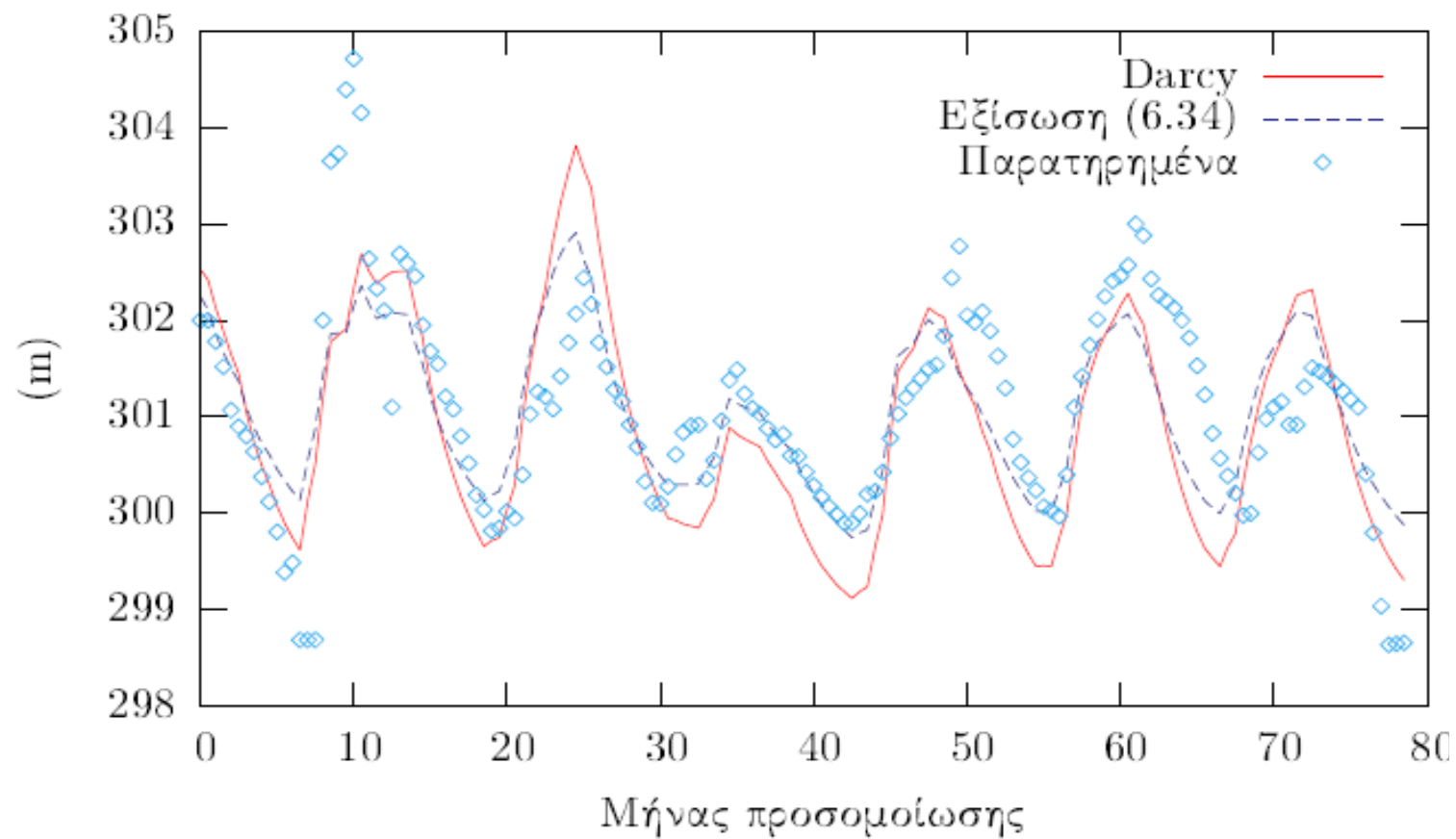
Προσομοιωμένη παροχή με μικτή εξίσωση και Darcy



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Πηγές Λιλαίας

Προσομοιωμένη στάθμη με μικτή εξίσωση και Darcy



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Πηγές Bregava (Ερζεγοβίνη)

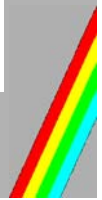
Έντονα καρστικοποιημένος υδροφορέας



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Πηγές Bregava (Ερζεγοβίνη)

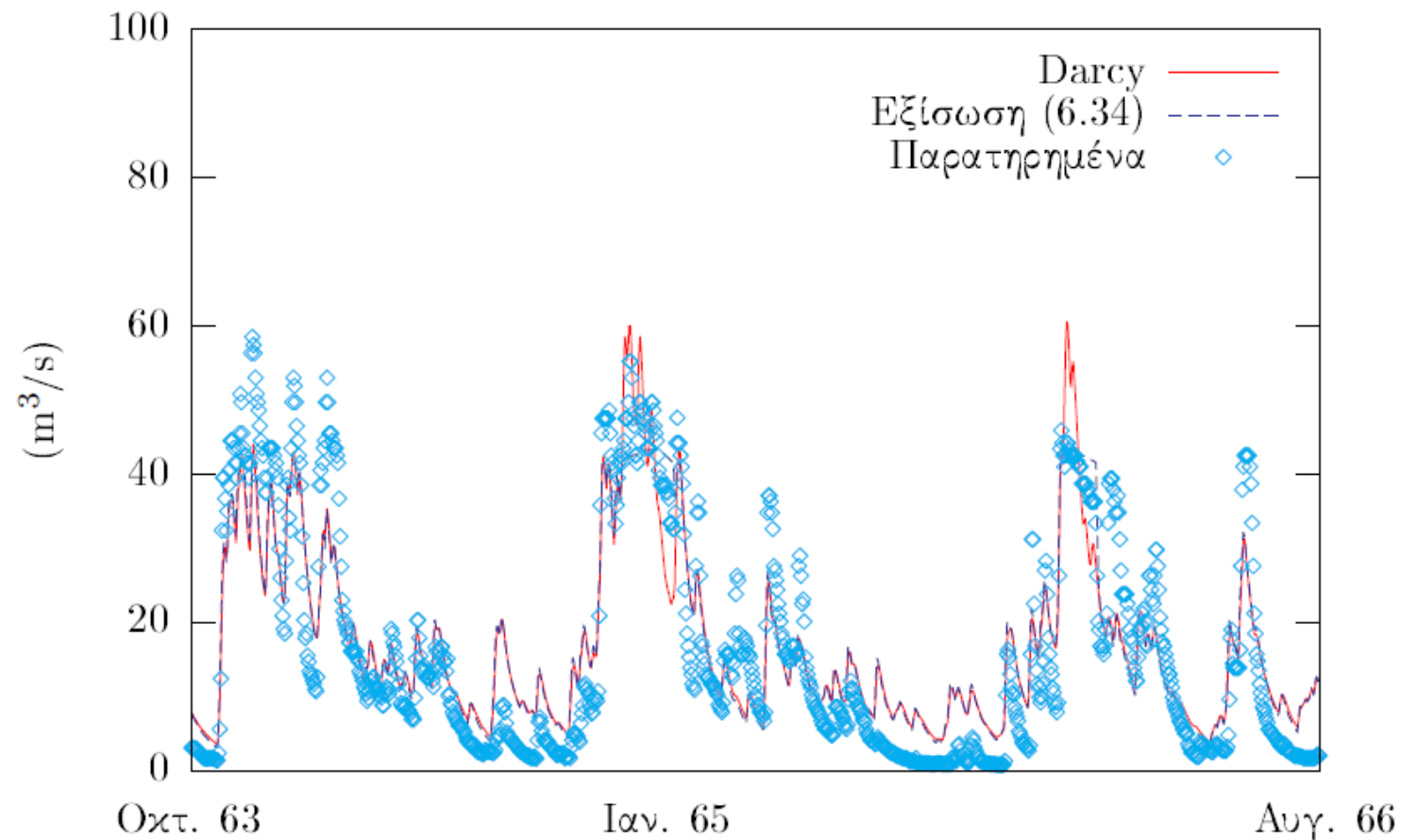
Ολιγοκυτταρικό μοντέλο



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Πηγές Bregava (Ερζεγοβίνη)

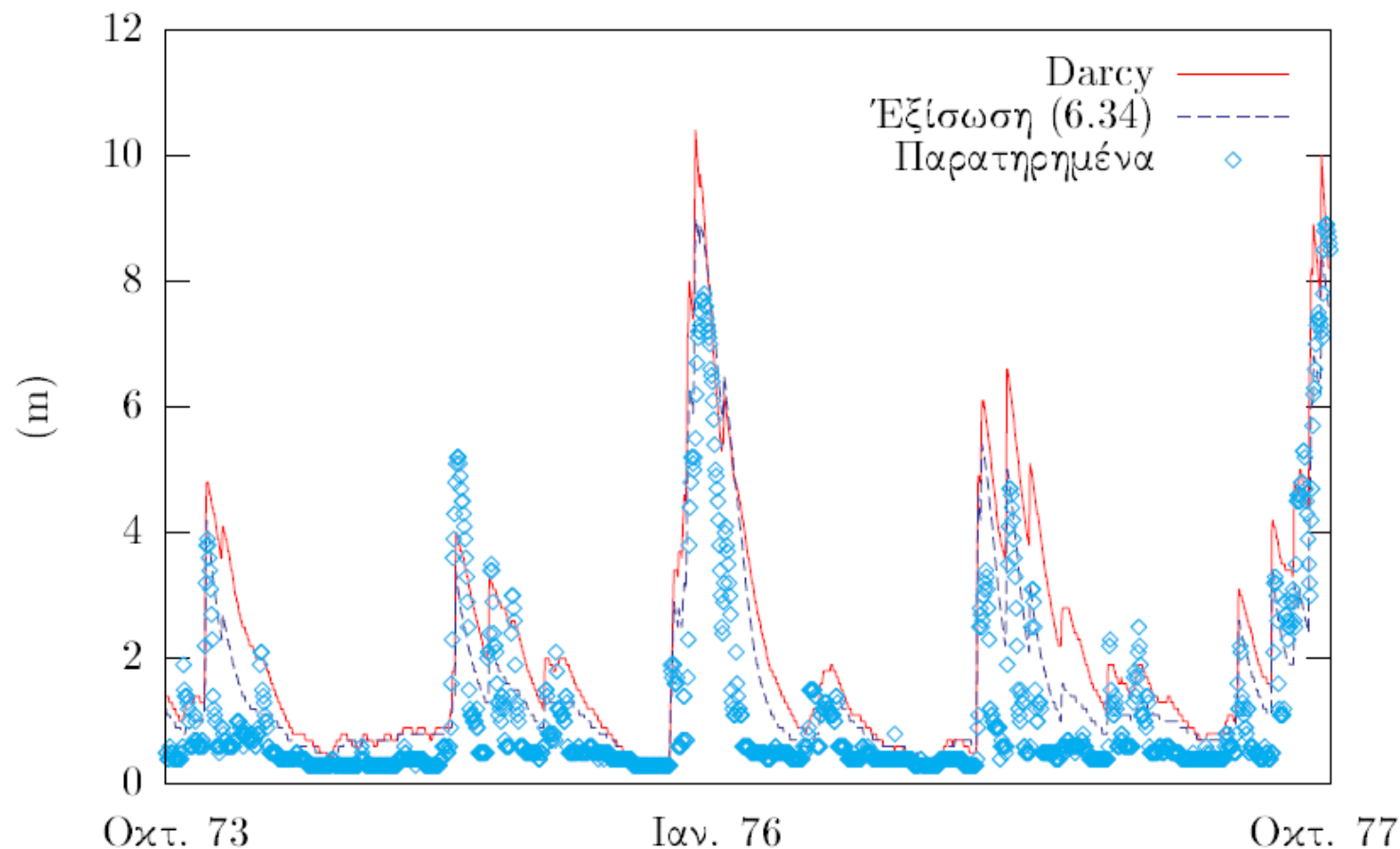
Προσομοιωμένη παροχή με μικτή εξίσωση και Darcy



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Πηγές Bregava (Ερζεγοβίνη)

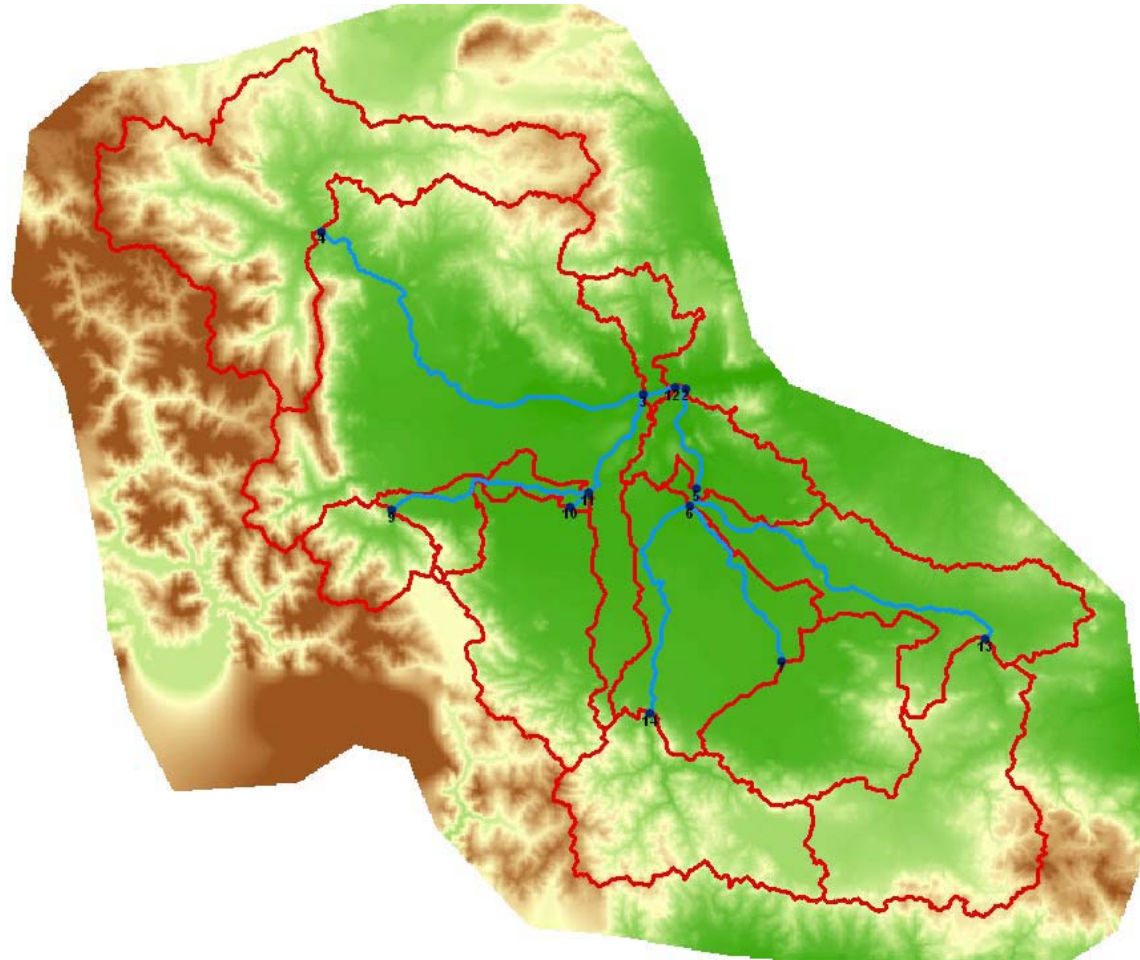
Προσομοιωμένη στάθμη με μικτή εξίσωση και Darcy



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Δυτική Θεσσαλία

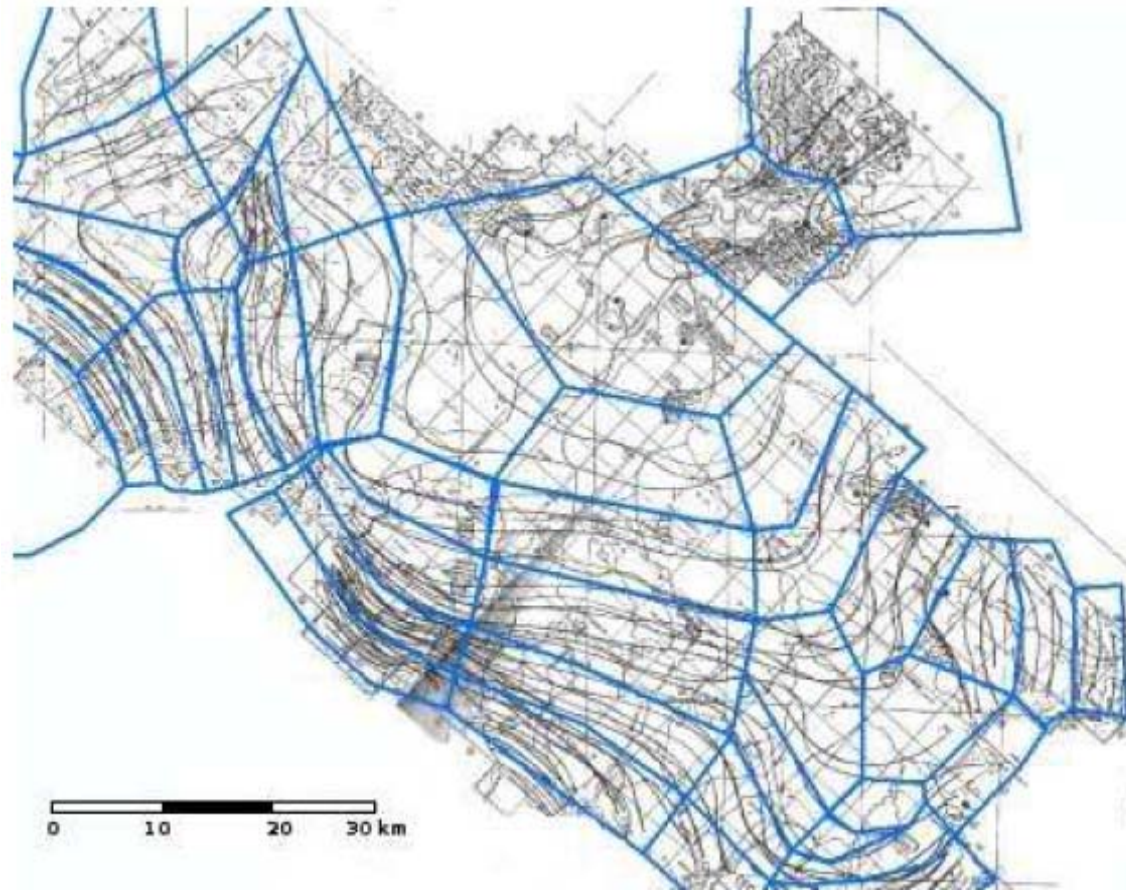
Κοκκώδης υδροφορέας με δίκτυο μετρήσεων στάθμης



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Δυτική Θεσσαλία

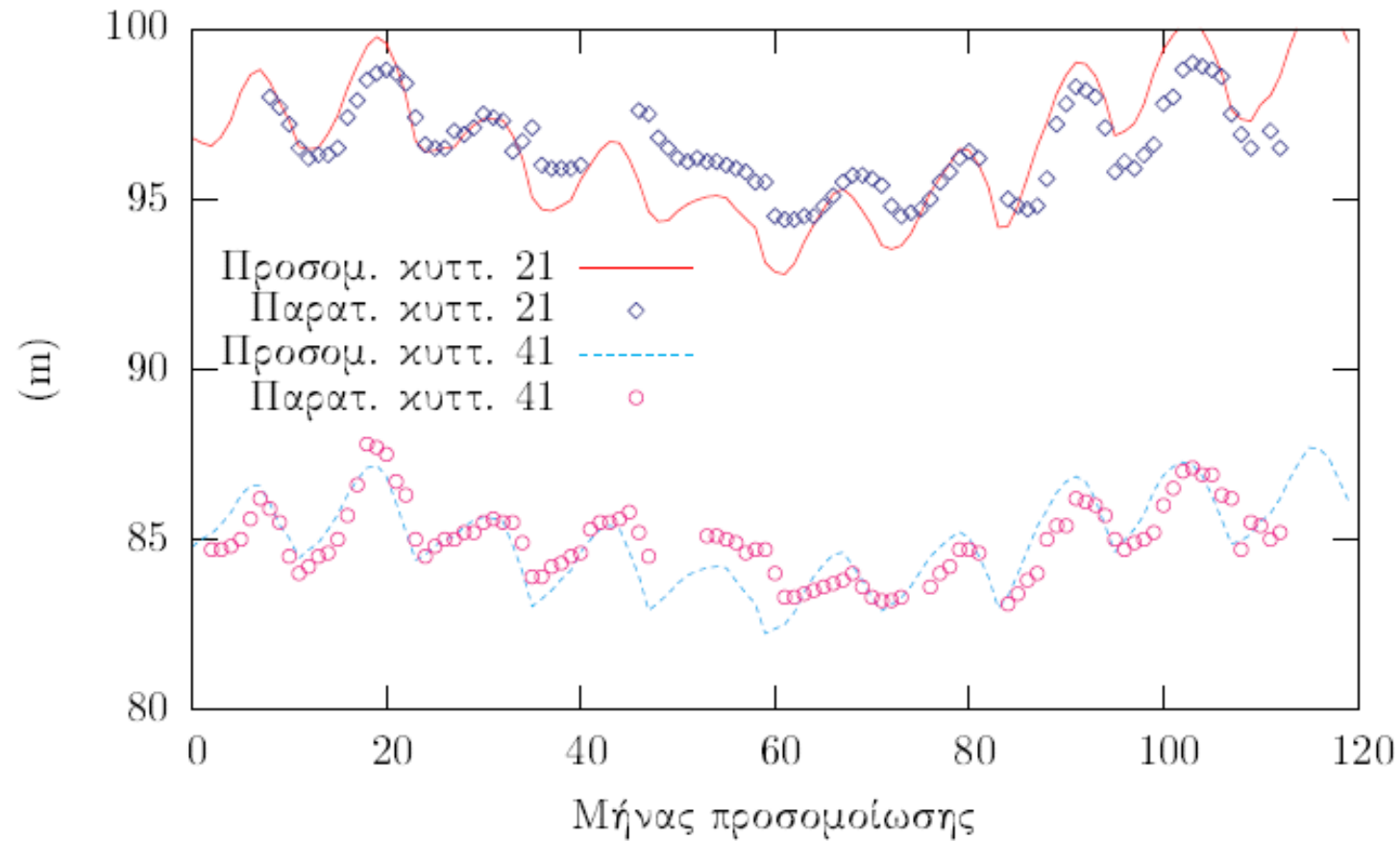
Πολυκυτταρικό μοντέλο 46 κυττάρων



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Δυτική Θεσσαλία

Προσομοιωμένη στάθμη

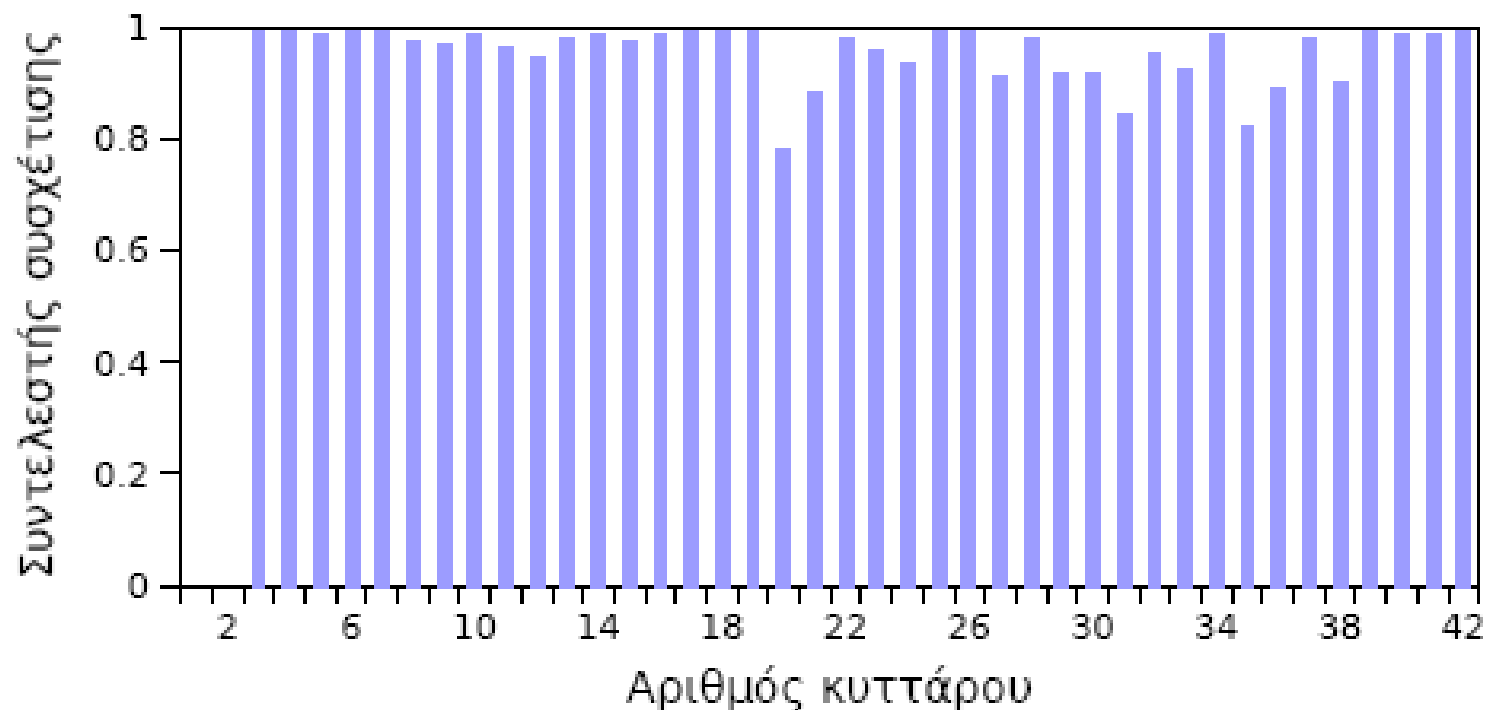


ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΑΥΤΟΝΟΜΑ

Δυτική Θεσσαλία

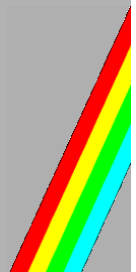
Σύγκριση με MODFLOW

Ίδιες παράμετροι σε κάνναβο 48×25 (1200 κύτταρα)





ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

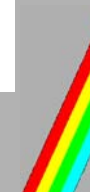
Ισοζύγιο υδρολογικών λεκανών

Ανθρωπογενής παρέμβαση

Άγνωστες απολήψεις, πρέπει να υπολογιστούν!

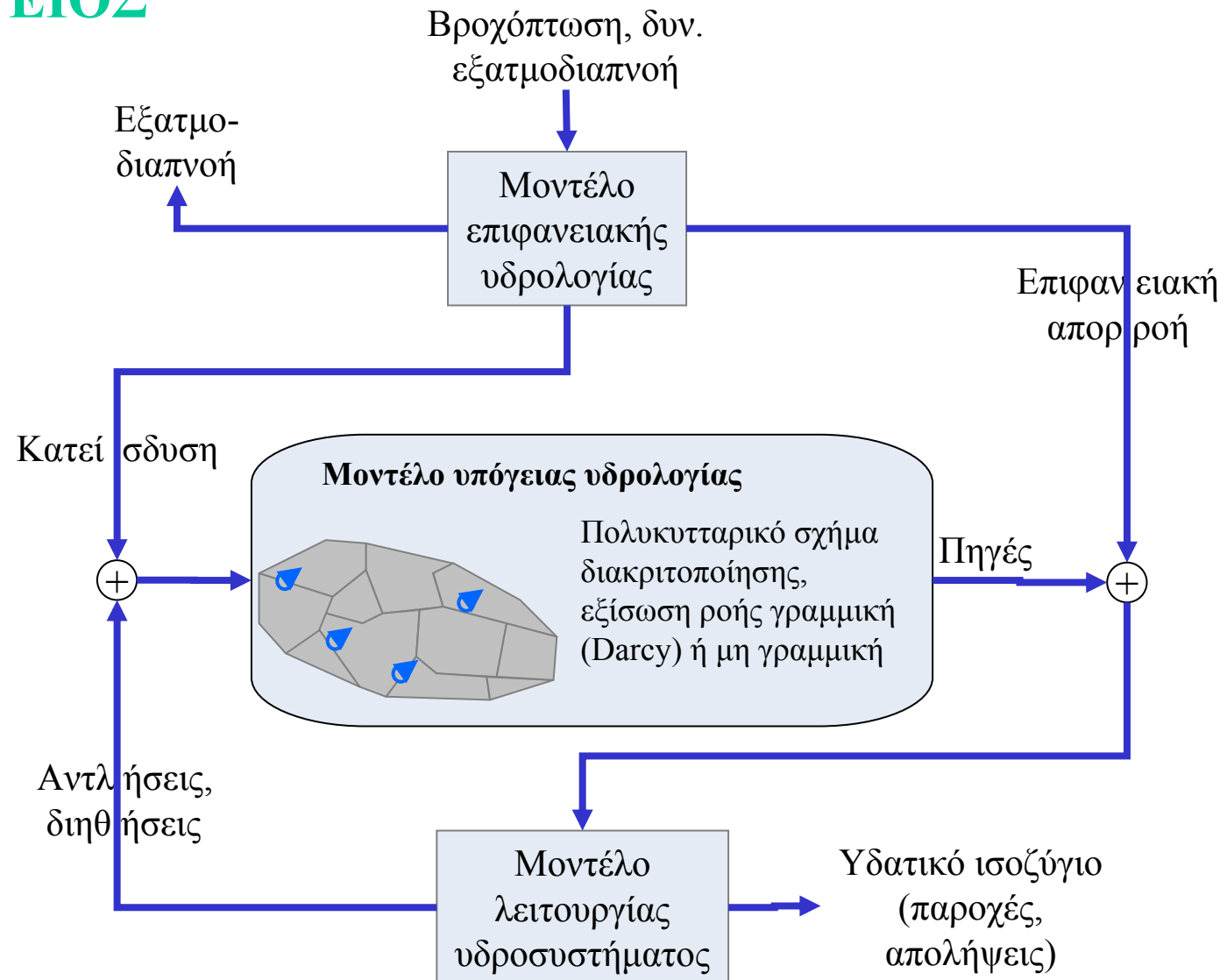
Διαχειριστικό μοντέλο

- Φυσικό-τεχνητό υδροσύστημα (ροές)
- Ανάγκες (κάλυψη)
- Κόστος (ελαχιστοποίηση)
- Περιορισμοί (παροχεταιυτικότητα)



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ

The screenshot displays the MapWindow GIS interface with the Hydrogeios 2.0 application running. The main map shows a watershed delineation with a river network and groundwater system. The Hydrogeios 2.0 window is open, showing the following steps:

- Initialize geodata:**
 - Step 1: Delineate Watershed
 - Step 2: Outlets layer
 - Step 3: Create layers
- Process geodata:**
 - Step 4: Groundwater
 - Step 5: HRU
 - Step 6: HRU/Groundwater
 - Step 7: HydroJunctions
 - Step 8: Build Topology

The Hydrogeios 2.0 menu is open, showing the following options:

- Project
- Geodata
- Scenario data
- Calibration data
- Run
- Results
- Help

The 'Geodata' menu is expanded, showing the following options:

- River network
- Groundwater system (selected)
- Hydrosystem
- Hydrological response units
- Sub-basin partitions
- View all geodata tables

The 'Groundwater system' menu is expanded, showing the following options:

- Groundwater cells (selected)
- Groundwater conduits
- Springs
- Boreholes

The legend on the left shows the following layers:

- Terrain Analysis
 - HydroJunction
 - River
 - Aqueduct
 - Irrigation
 - Subbasin
 - Borehole
 - Spring
 - GroundWater
 - Outlets
 - HRU
 - slope
 - perm_Dissolve
- Data Layers
 - hdr

The status bar at the bottom shows the following coordinates:

Lat: 38.397 Long: 22.816 X: 396,592.026 Y: 4,250,575.815 Meters 1: 389387

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΔΡΟΜΩΜΑ ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ

The screenshot displays the MapWindow GIS interface with the Hydrogeios 2.0 application running. The main map shows a watershed delineation with various hydrological features. The 'MW Hydrogeios' panel is visible, showing the following steps:

- Initialize geodata:**
 - Step 1: Delineate Watershed
 - Step 2: Outlets layer
 - Step 3: Create layers
- Process geodata:**
 - Step 4: Groundwater
 - Step 5: HRU
 - Step 6: HRU/Groundwater
 - Step 7: HydroJunctions
 - Step 8: Build Topology

The 'Hydrogeios 2.0' menu is open, showing the following options:

- Project
- Geodata
- Scenario data
- Calibration data
- Run
- Results
- Help

The 'Ready' status bar shows the following information:

- Lat: 38.394 Long: 22.747
- X: 390,616,559 Y: 4,250,266,739 Meters
- 1: 389387

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΔΡΟΜΩΜΑ ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ

MapWindow GIS - vkif2*

File Edit View Plug-ins Watershed Delineation MW Hydrogeios Shapefile Editor GIS Tools Converters Metadata Tools MapServer Generator Help

Legend

- Terrain Analysis**
 - HydroJunction
 - River
 - Aqueduct
 - Irrigation
 - Subbasin
 - Borehole
 - Spring
 - GroundWater
 - Outlets
 - HRU
 - slope
 - perm_Dissolve
- Data Layers**
 - hdr

MW Hydrogeios

Initialize geodata

- Step 1** Delineate Watershed
- Step 2** Outlets layer
- Step 3** Create layers

Process geodata

- Step 4** Groundwater
- Step 5** HRU
- Step 6** HRU/Groundwater
- Step 7** HydroJunctions
- Step 8** Build Topology

Start Hydrogeios Engine

Project path: C:\Program Files\MapWindow\Sample Projects\MW_demo\

Hydrogeios 2.0

Project Geodata Scenario data Calibration data Run Results Help

- River network
- Groundwater system**
 - Groundwater cells
 - Groundwater conduits
 - Springs**
 - Boreholes
- Hydrological response units
- Sub-basin partitions
- View all geodata tables

Ready

Lat: 38.352 Long: 22.650 X: 382,065,460 Y: 4,245,733,626 Meters 1: 389387

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΔΡΟΘΡΩΜΑ ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ

The screenshot displays the MapWindow GIS interface with the Hydrogeios 2.0 application running. The main map shows a watershed delineation with various hydrological features. The 'MW Hydrogeios' window is open, showing the following steps:

Initialize geodata	Process geodata
Step 1 Delineate Watershed	Step 4 Groundwater
Step 2 Outlets layer	Step 5 HRU
Step 3 Create layers	Step 6 HRU/Groundwater
	Step 7 HydroJunctions
	Step 8 Build Topology

The 'Hydrogeios 2.0' menu is open, showing the following options:

- Project
- Geodata
- Scenario data
- Calibration data
- Run
- Results
- Help

The 'Groundwater system' option is selected, showing a sub-menu with the following options:

- Groundwater cells
- Groundwater conduits
- Springs
- Boreholes

The status bar at the bottom shows the following coordinates: Lat: 38.395 Long: 22.808 X: 395,870.849 Y: 4,250,266.739 Meters. The scale is 1: 389387.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

Φόρμες ΥΔΡΟΓΕΙΟΥ για χειρισμό στοιχείων 3dkflow

Groundwater cells
✕

General information

Name:

Description:

Properties

Type: Top level (m):

X - centroid (km): Initial level (m):

Y - centroid (km): Initial storage (hm3):

Area (km2): Final level (m):

Bottom level (m): Final storage (hm3):

Parameters

Porosity (%): Conductivity (m/s):

Area of upper basin - HRU combinations (km2)

Basin	HRU	Area
0	17	10.939
1	17	0.000
2	17	0.000
3	17	0.000
4	17	0.000
5	17	0.000
7	17	0.000
8	17	0.000
10	17	0.000
11	17	0.000
13	17	0.000
14	17	0.000
0	33	19.751
1	33	0.000

Length of upper river segments (km)

Segment	Length
0	0.000
1	0.000
2	0.000
3	0.000
4	0.000
5	0.000
6	0.000
7	0.000
8	0.000
9	0.000
10	0.000
11	0.000
12	0.000
13	0.000

Water balance timeseries (level in m, volumes in m3) Set obs. cell level TS

Date	Storage	Percolation	Infiltration	Pumping	Sim. level	Real level
Oct-84	68270636	131106	0	0	341.306	-
Nov-84	68770612	4055602	0	0	341.718	-
Dec-84	70367889	5269390	0	0	343.036	-
Jan-85	80391243	14096239	0	0	351.303	-
Feb-85	84673804	8477031	0	0	354.835	-
Mar-85	86915396	7208088	0	0	356.683	-
Apr-85	86534834	4537017	0	0	356.369	-
May-85	83146525	1554551	0	0	353.575	-
Jun-85	79111269	446764	0	0	350.247	-
Jul-85	74967191	138116	0	0	346.829	-
Aug-85	71064634	43740	0	0	343.610	-
Sep-85	67565801	25999	0	0	340.725	-
Oct-85	65974643	1822705	0	0	339.413	-
Nov-85	68816962	6138786	0	0	341.757	-
Dec-85	71164407	5914975	0	0	343.693	-
Jan-86	73846018	6442785	0	0	345.904	-
Feb-86	78329528	8140367	0	0	349.602	-
Mar-86	80970556	6998020	0	0	351.780	-
Apr-86	79703988	3043434	0	0	350.736	-
May-86	77140318	1768138	0	0	348.621	-
Jun-86	73891156	731548	0	0	345.942	-
Jul-86	70310108	267616	0	0	342.988	-

Storage

Cell 0 / Cell 1 / Cell 2 / Cell 3 / Cell 4 / Cell 5 / Cell 6 / Cell 7 / Cell 8 / Cell 9 / Cell 10 / Cell 11 / Cell 12 / Cell 13 / Cell 14 / Cell 15 / Cell 16 / Cell 17 / Cell 18 / Cell 19 / Cell 20 / Cell 21 / C

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

Φόρμες ΥΔΡΟΓΕΙΟΥ για χειρισμό στοιχείων 3dkflow

Groundwater conduits

General information

Name:

Description:

Properties

Cell up:

Cell down:

Length (km):

Common edge (km):

Impervious edge (flow exchange is prohibited)

Flow exchange series (m3/s)

Date	Discharge
Oct-84	0.025
Nov-84	0.023
Dec-84	0.023
Jan-85	0.027
Feb-85	0.028
Mar-85	0.034
Apr-85	0.034
May-85	0.034
Jun-85	0.031
Jul-85	0.029
Aug-85	0.026
Sep-85	0.023
Oct-85	0.022
Nov-85	0.021
Dec-85	0.023

Flow exchange (m3/s)

Conduit 0 / Conduit 1 / Conduit 2 / Conduit 3 / Conduit 4 / Conduit 5 / Conduit 6 / Conduit 7

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

Φόρμες ΥΔΡΟΓΕΙΟΥ για χειρισμό στοιχείων 3dkflow

Springs

General information

Name: Mauroneri spring

Description:

Properties

X - coordinate (km): 394.074

Y - coordinate (km): 4265.746

Altitude (m): 120.000

Dummy cell: Mauroneri spring (43)

Upstream cell: Cell 8 (8)

Parent basin: Basin 7 (7)

Initial discharge (m3/s): 0.000

Parameters

Conductivity (m/s): 0.004730

Set obs. discharge ts

Discharge timeseries (m3/s)

Date	Simulated	Observed
Oct-84	1.819	1.610
Nov-84	1.876	1.770
Dec-84	1.953	2.700
Jan-85	2.477	3.470
Feb-85	2.624	2.580
Mar-85	2.820	2.730
Apr-85	2.683	3.070
May-85	2.429	3.000
Jun-85	2.211	2.640
Jul-85	1.998	2.780
Aug-85	1.793	1.830
Sep-85	1.237	1.360
Oct-85	1.192	1.600
Nov-85	1.447	1.750
Dec-85	1.647	2.140
Jan-86	1.867	2.360
Feb-86	2.541	2.260
Mar-86	2.551	2.430
Apr-86	2.303	2.510
May-86	2.081	2.250
Jun-86	1.878	1.810
Jul-86	1.449	1.470

Discharge (m3/s)

Spring 0 | Spring 1 | Spring 2 | Spring 3 | Spring 4 | Spring 5

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΔΡΟΦΩΜΑ

Φόρμες ΥΔΡΟΓΕΙΟΥ για χειρισμό στοιχείων 3dkflow

Boreholes

General information

Name: KP1

Description:

Properties

In group: Γεωτρ. Κεραιοβούνι (4)

Parent basin: Basin 10 (10)

Underlying cell: Cell 18 (18)

Pumping capacity (m3/s): 0.280

Ratio to total group abstractions: 0.406

Pumping time series (m3)

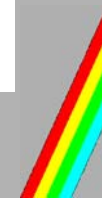
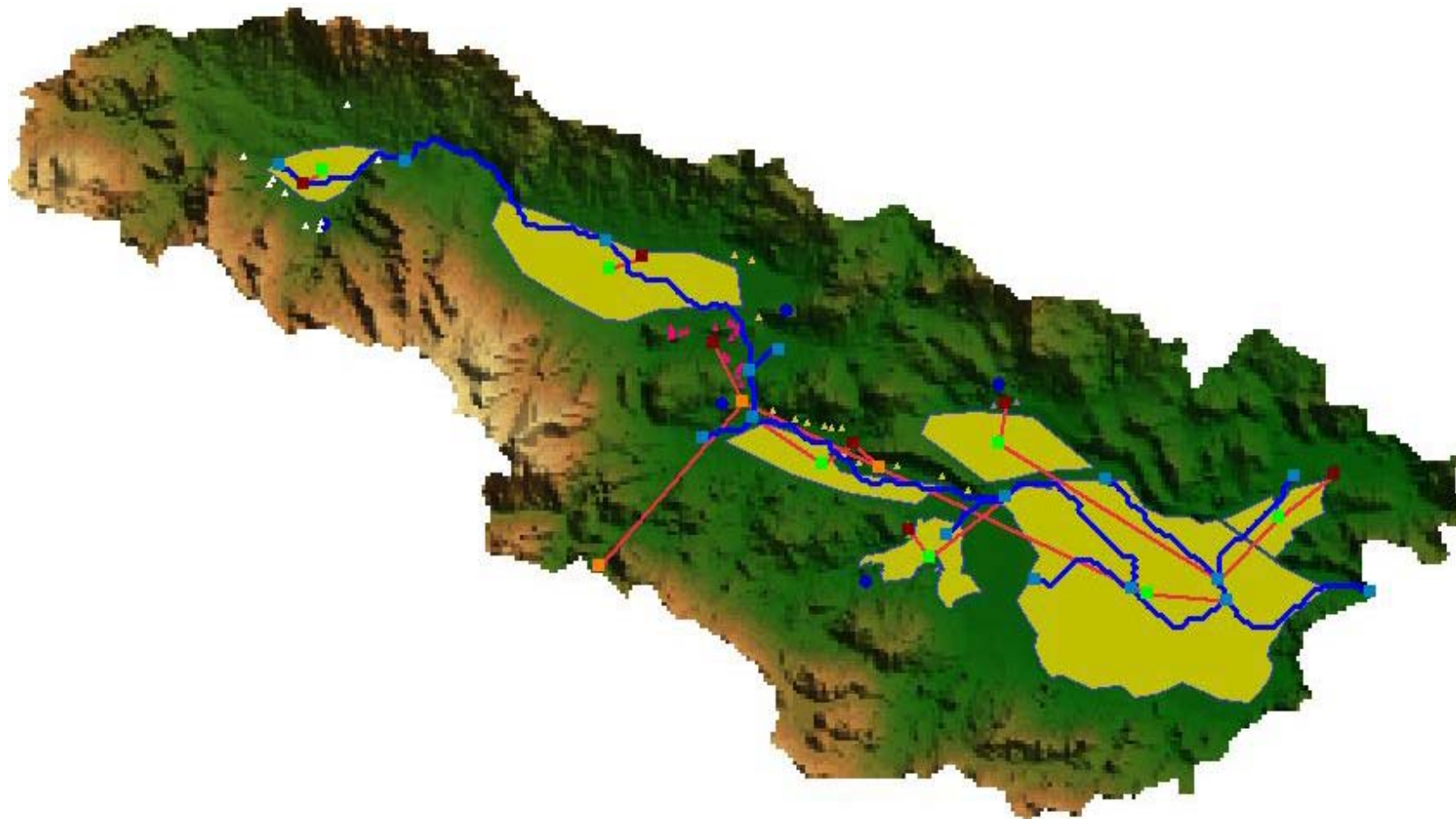
Date	Pumping
Oct-84	0
Nov-84	0
Dec-84	0
Jan-85	0
Feb-85	0
Mar-85	0
Apr-85	0
May-85	0
Jun-85	708944
Jul-85	0
Aug-85	0
Sep-85	561000
Oct-85	0
Nov-85	0
Dec-85	0
Jan-86	0

Pumping (m3)

Borehole 0 / Borehole 1 / Borehole 2 / Borehole 3 / Borehole 4 / Borehole 5 / Borehole 6 / Borehole 7

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

Μοντελοποίηση διαταραγμένου συστήματος



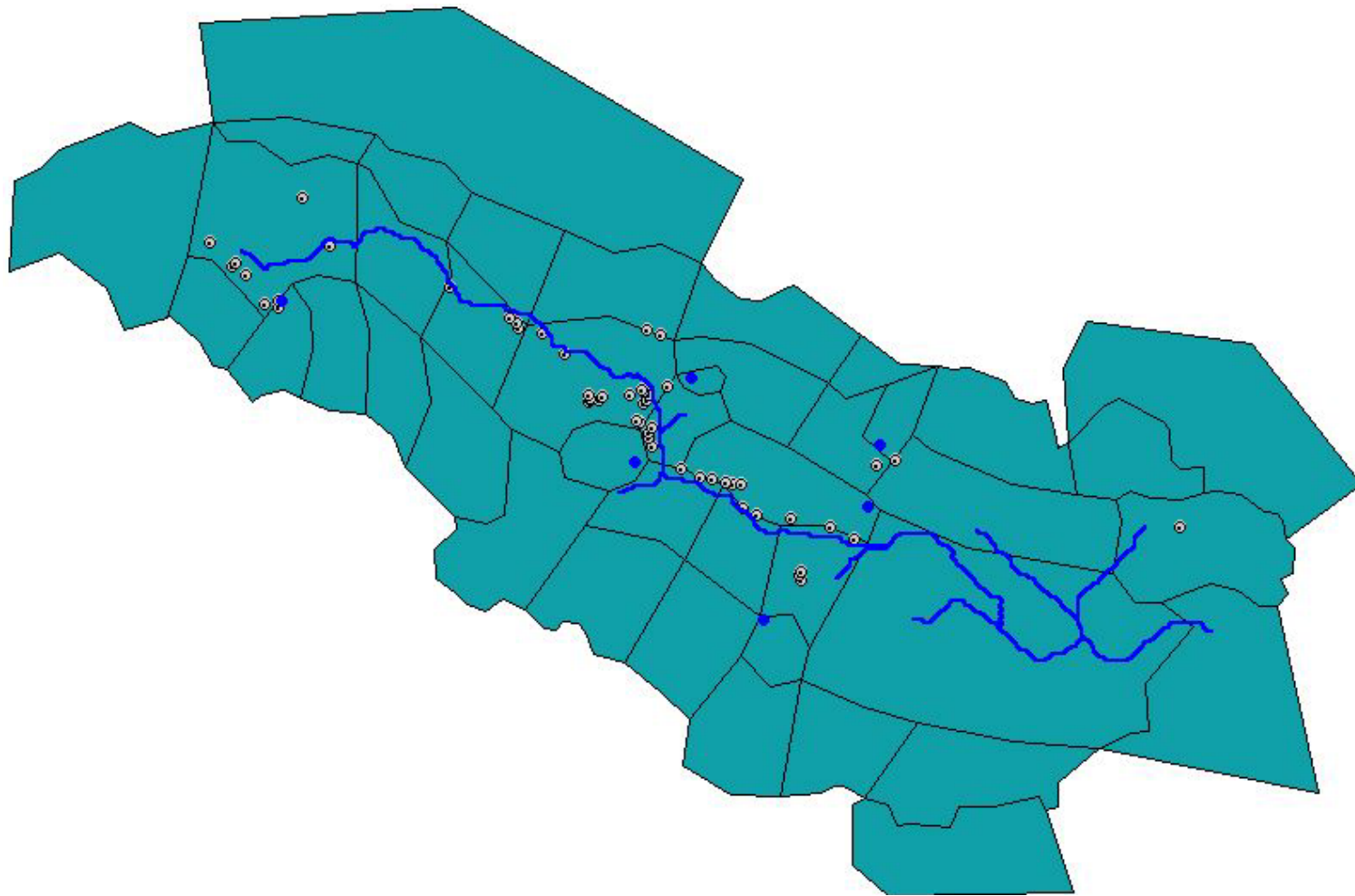
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

Μοντελοποίηση διαταραγμένου συστήματος



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΔΡΟΜΩΜΑ

Αδρομερής διακριτοποίηση - κλίμακα λεκάνης



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

Προβλήματα σε μοντελοποίηση υπόγειου μοντέλου

Αντικειμενική συνάρτηση

1. Συντελεστής αποδοτικότητας
2. Αδικοιολόγητη τάση υδραυλικού φορτίου
3. Μη αναπαραγωγή στείρευσης πηγής
4. Μη αναπαραγωγή επανεμφάνισης πηγής

Δυσκολία εύρεσης ολικού βέλτιστου

Καθοδήγηση – εμπειρία

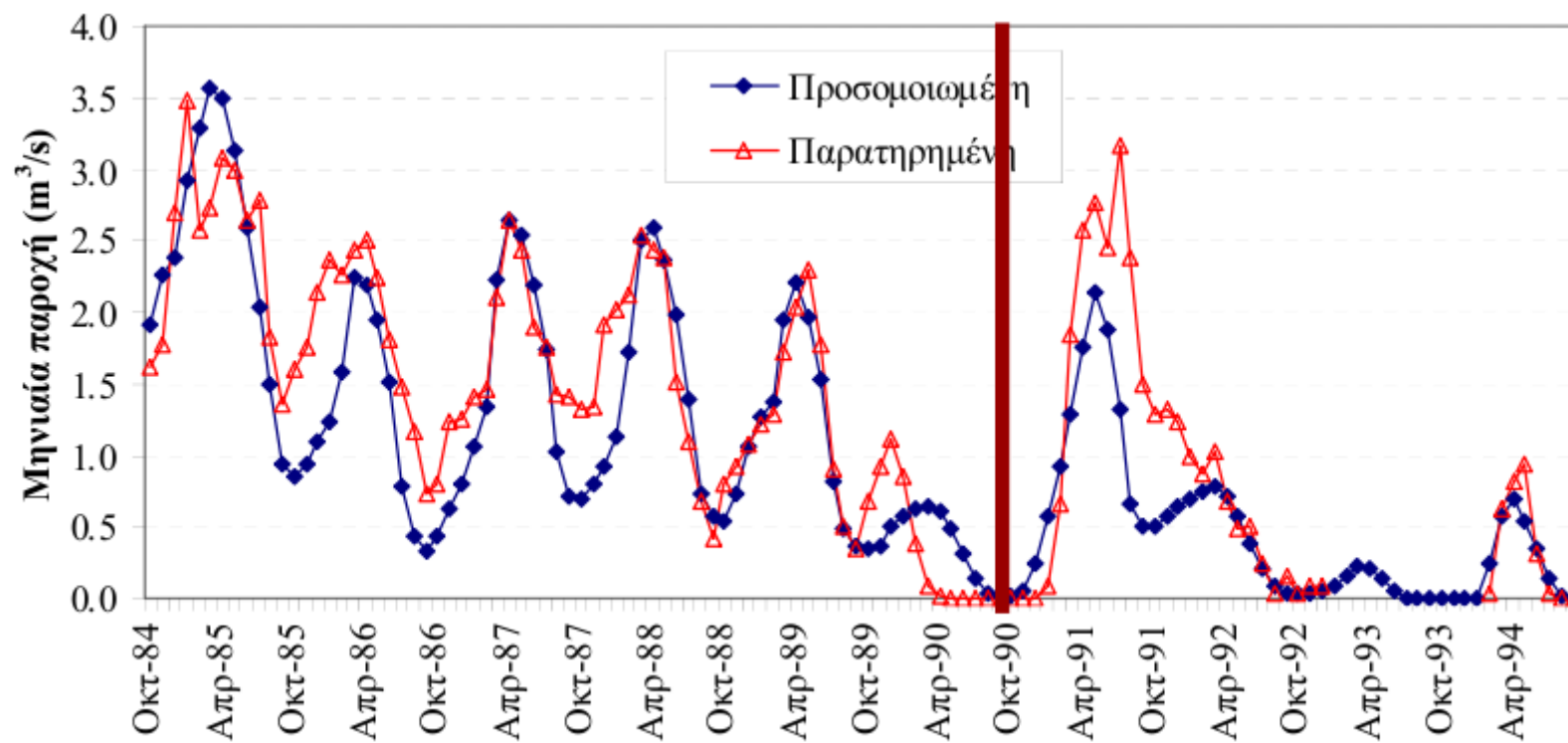
Συνολικά η φάση ρύθμισης παραμέτρων κράτησε 1 μήνα!



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

Αποτελέσματα

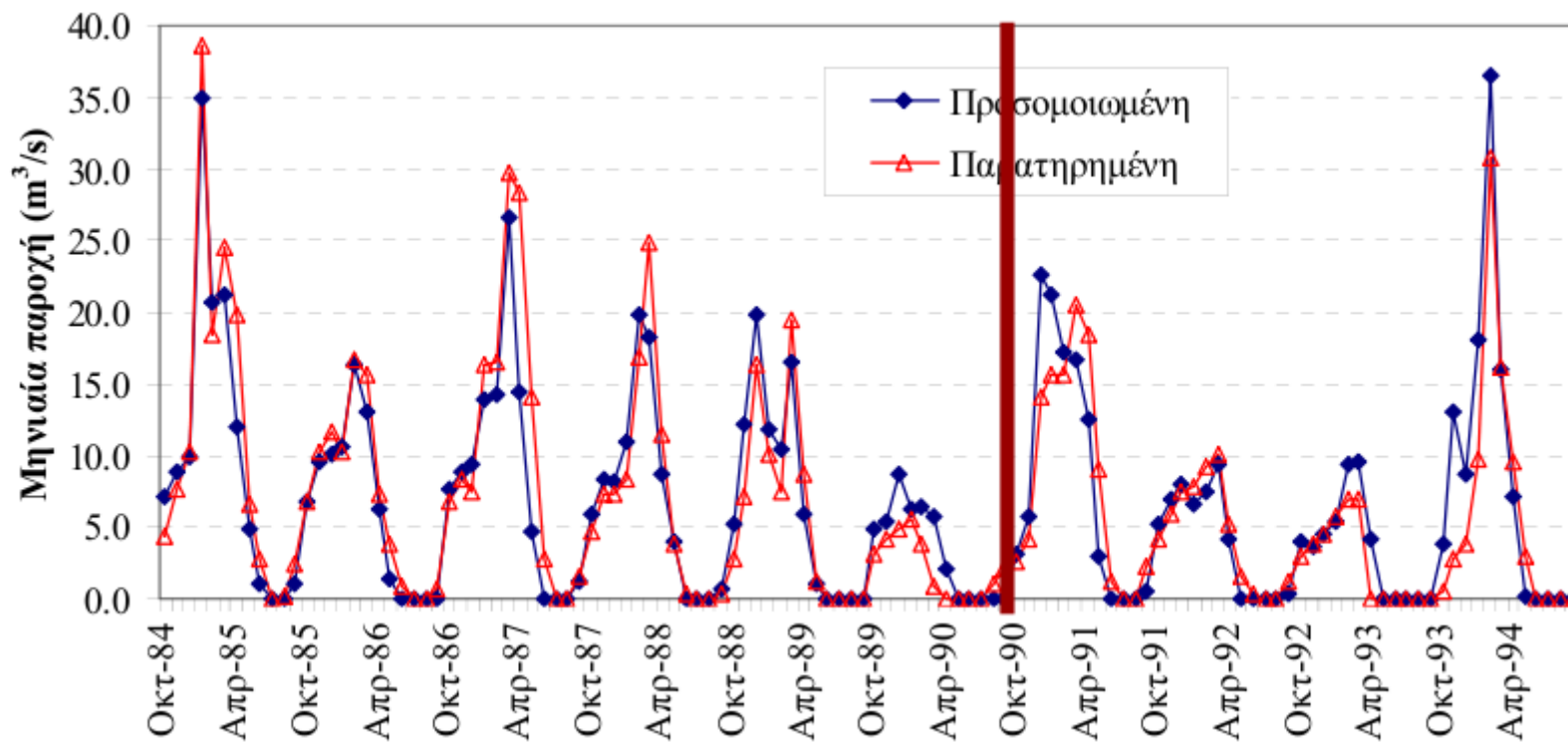
Παροχή Μαυρονερίου



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΑΡΘΡΩΜΑ

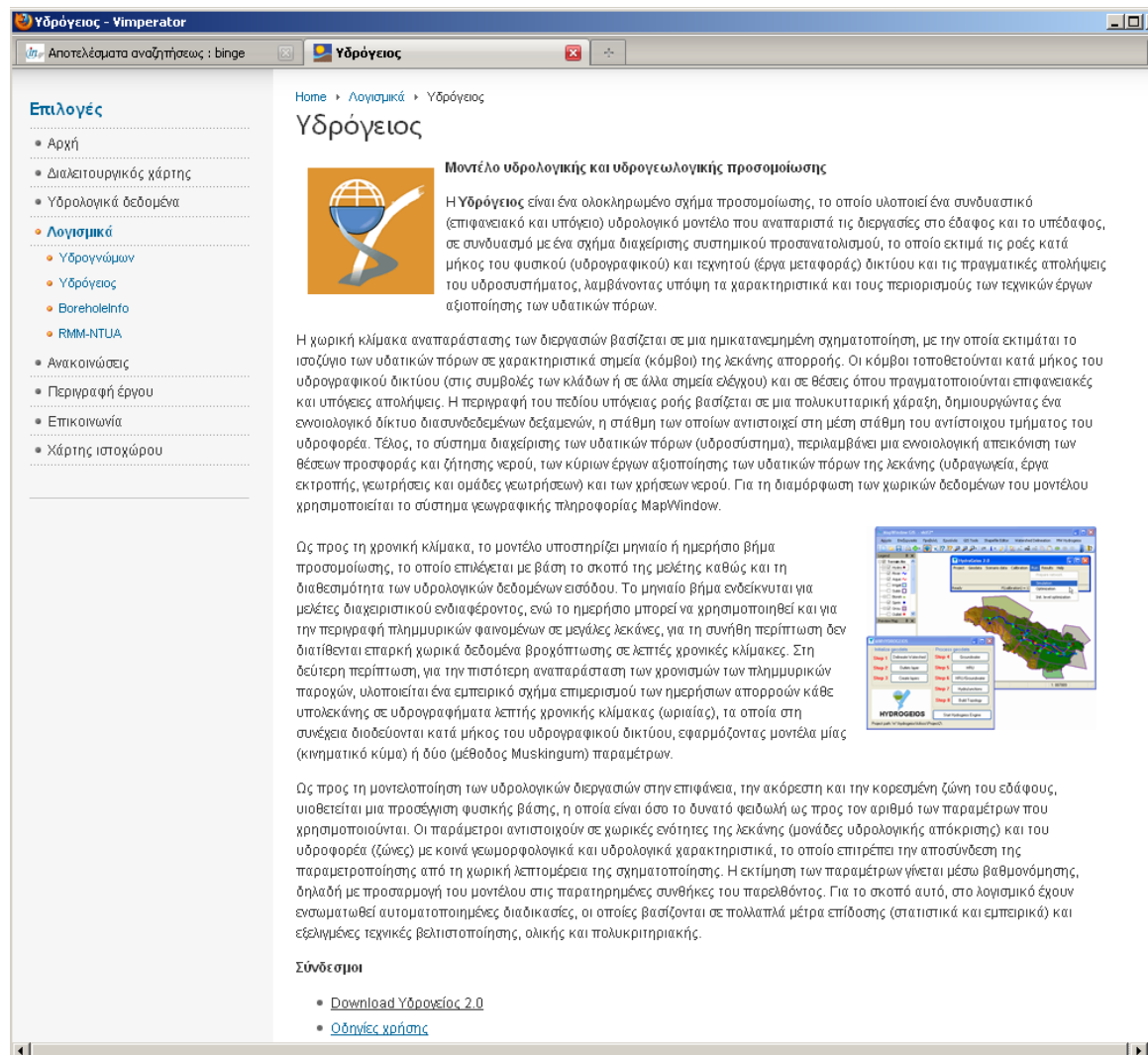
Αποτελέσματα

Παροχή σήραγγα Καρδίτσας



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3dkflow ΩΣ ΔΡΩΡΩΜΑ

ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ στο internet



The screenshot shows a web browser window titled "Υδρόγειος - Vimperator". The address bar shows "Αποτελέσματα αναζήτησης : binge". The page content is as follows:

Home > Λογισμικά > Υδρόγειος

Υδρόγειος

Μοντέλο υδρολογικής και υδρογεωλογικής προσομοίωσης

Η **Υδρόγειος** είναι ένα ολοκληρωμένο σχήμα προσομοίωσης, το οποίο υλοποιεί ένα συνδυαστικό (επιφανειακό και υπόγειο) υδρολογικό μοντέλο που αναπαριστά τις διεργασίες στο έδαφος και το υπέδαφος, σε συνδυασμό με ένα σχήμα διαχείρισης συστημικού προσανατολισμού, το οποίο εκτιμά τις ροές κατά μήκος του φυσικού (υδρογραφικού) και τεχνητού (έργα μεταφοράς) δικτύου και τις πραγματικές απολήψεις του υδροσυστήματος, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά και τους περιορισμούς των τεχνικών έργων αξιοποίησης των υδατικών πόρων.

Η χωρική κλίμακα αναπαράστασης των διεργασιών βασίζεται σε μια ημικαταμενόμενη σχηματοποίηση, με την οποία εκτιμάται το ισοζύγιο των υδατικών πόρων σε χαρακτηριστικά σημεία (κόμβοι) της λεκάνης απορροής. Οι κόμβοι τοποθετούνται κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου (στις συμβολές των κλάδων ή σε άλλα σημεία ελέγχου) και σε θέσεις όπου πραγματοποιούνται επιφανειακές και υπόγειες απολήψεις. Η περιγραφή του πεδίου υπόγειας ροής βασίζεται σε μια πολυκυτταρική χάραξη, δημιουργώντας ένα εννοιολογικό δίκτυο διασυνδεδεμένων δεξαμενών, η στάθμη των οποίων αντιστοιχεί στη μέση στάθμη του αντίστοιχου τμήματος του υδροφόρου. Τέλος, το σύστημα διαχείρισης των υδατικών πόρων (υδροσύστημα), περιλαμβάνει μια εννοιολογική απεικόνιση των θέσεων προσφοράς και ζήτησης νερού, των κύριων έργων αξιοποίησης των υδατικών πόρων της λεκάνης (υδροαγωγεία, έργα εκτροπής, γεωτρήσεις και ομάδες γεωτρήσεων) και των χρήσεων νερού. Για τη διαμόρφωση των χωρικών δεδομένων του μοντέλου χρησιμοποιείται το σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας MapWindow.

Ός προς τη χρονική κλίμακα, το μοντέλο υποστηρίζει μηνιαίο ή ημερήσιο βήμα προσομοίωσης, το οποίο επιλέγεται με βάση το σκοπό της μελέτης καθώς και τη διαθεσιμότητα των υδρολογικών δεδομένων εισόδου. Το μηνιαίο βήμα ενδείκνυται για μελέτες διαχειριστικού ενδιαφέροντος, ενώ το ημερήσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την περιγραφή πλημμυρικών φαινομένων σε μεγάλες λεκάνες, για τη συνήθη περίπτωση δεν διατίθενται επαρκή χωρικά δεδομένα βροχόπτωσης σε λεπτές χρονικές κλίμακες. Στη δεύτερη περίπτωση, για την πιστότερη αναπαράσταση των χρονισμών των πλημμυρικών παροχών, υλοποιείται ένα εμπειρικό σχήμα επιμερισμού των ημερήσιων απορροών κάθε υπολεκάνης σε υδρογραφήματα λεπτής χρονικής κλίμακας (ωριαία), τα οποία στη συνέχεια διοδεύονται κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, εφαρμόζοντας μοντέλα μίας (κινηματικό κύμα) ή δύο (μέθοδος Muskingum) παραμέτρων.

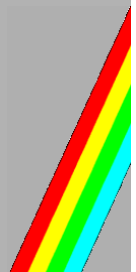
Ός προς τη μοντελοποίηση των υδρολογικών διεργασιών στην επιφάνεια, την ακόρεστη και την κορεσμένη ζώνη του εδάφους, υιοθετείται μια προσέγγιση φυσικής βάσης, η οποία είναι όσο το δυνατό φειδωλή ως προς τον αριθμό των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται. Οι παράμετροι αντιστοιχούν σε χωρικές ενότητες της λεκάνης (μονάδες υδρολογικής απόκρισης) και του υδροφόρου (ζώνες) με κοινά γεωμορφολογικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά, το οποίο επιτρέπει την αποσύνδεση της παραμετροποίησης από τη χωρική λεπτομέρεια της σχηματοποίησης. Η εκτίμηση των παραμέτρων γίνεται μέσω βαθμονόμησης, δηλαδή με προσαρμογή του μοντέλου στις παρατηρημένες συνθήκες του παρελθόντος. Για το σκοπό αυτό, στο λογισμικό έχουν ενσωματωθεί αυτοματοποιημένες διαδικασίες, οι οποίες βασίζονται σε πολλαπλά μέτρα επίδοσης (στατιστικά και εμπειρικά) και εξελιγμένες τεχνικές βελτιστοποίησης, ολικής και πολυκριτηριακής.

Σύνδεσμοι

- [Download Υδρόγειος 2.0](#)
- [Οδηγίες χρήσης](#)

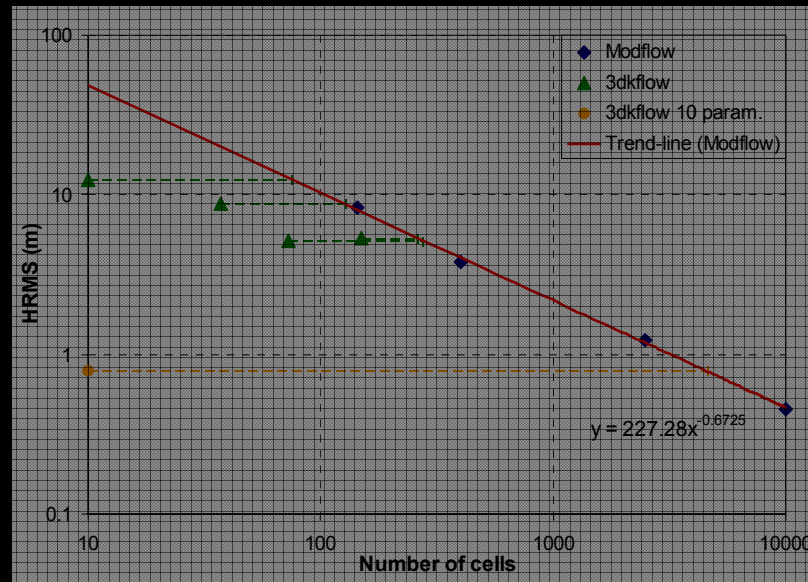


ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ



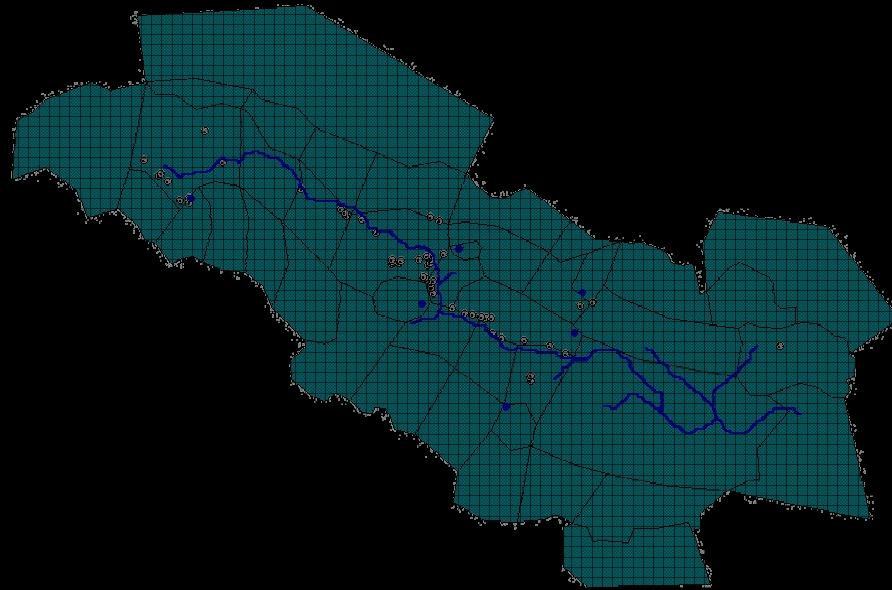
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα πολυκυτταρικά μοντέλα με κατάλληλη διακριτοποίηση μπορούν να επιτύχουν με μικρότερο υπολογιστικό φόρτο ακρίβεια αντίστοιχη με αυτή των πεπερασμένων διαφορών.



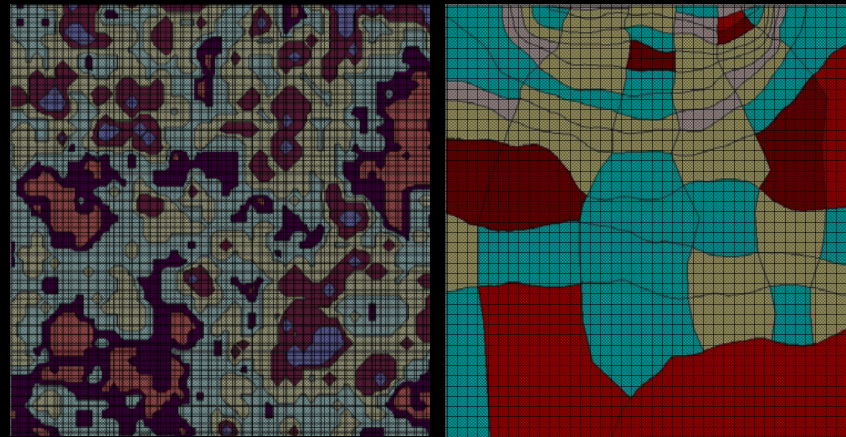
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

2. Η χάραξη του καννάβου των πολυκυτταρικών μοντέλων γίνεται σύμφωνα με μακροσκοπική πληροφορία και την εμπειρία μηχανικού.



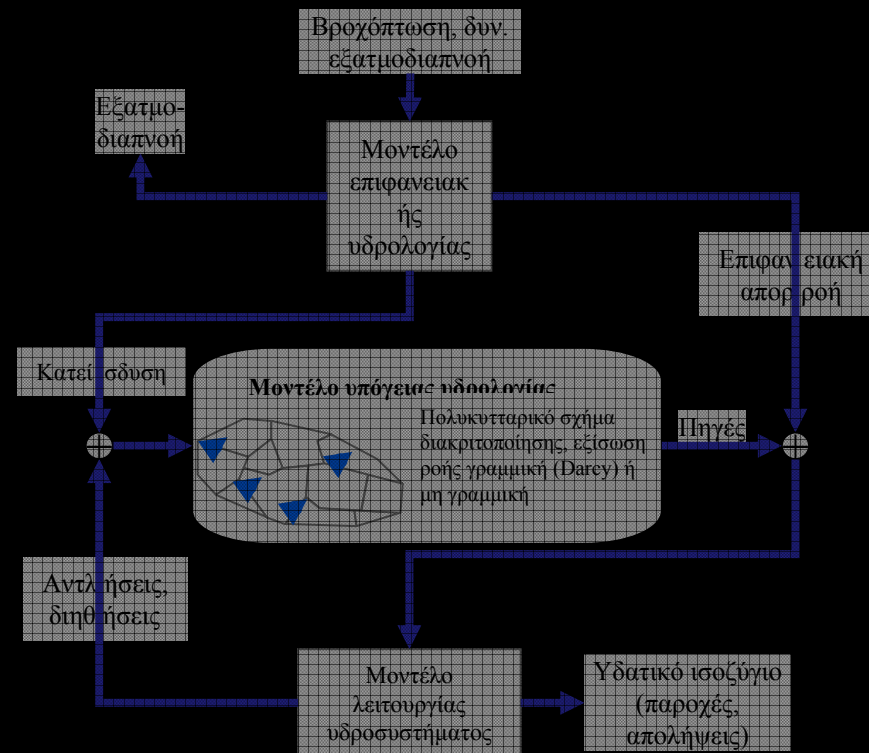
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

3. Η χάραξη του καννάβου, σε περιπτώσεις με διαθέσιμη πληροφορία, αποτελεί οδηγό για παραμετροποίηση του υδροφορέα.



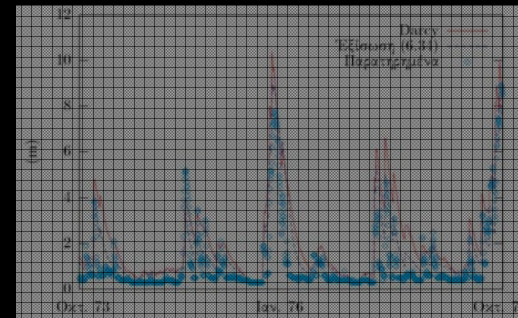
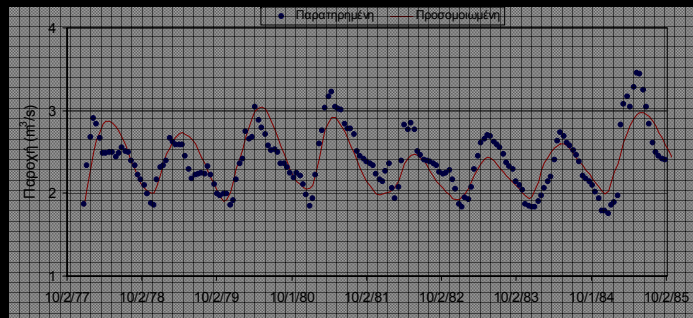
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4. Οι συνδυασμένες απλές προσεγγίσεις προσφέρονται για να μοντελοποιήσουν σύνθετα αλληλεπιδρώντα συστήματα.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5. Η μικτή εξίσωση ροής είναι πλεονεκτική στη μοντελοποίηση καρστικών υδροφορέων μόνο όταν υπάρχουν τακτικές και συχνές διαθέσιμες μετρήσεις στάθμης και παροχής.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6. Αν το σφάλμα που εισάγει μια μέθοδος λόγω μη αυστηρής τήρησης προϋποθέσεων εφαρμογής της είναι μικρότερο (κατά τάξη μεγέθους) από το σφάλμα λόγω αβεβαιοτήτων τότε αυτή η μέθοδος παραμένει επιλέξιμη για τις εφαρμογές των μηχανικών.

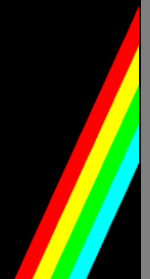
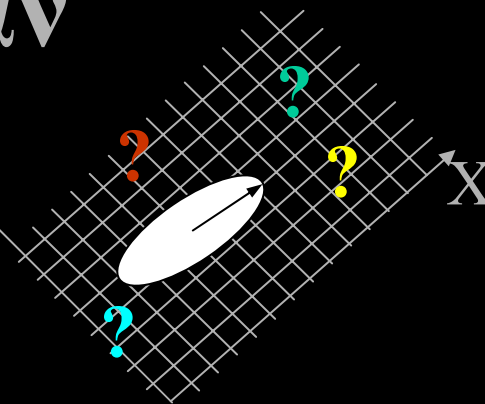
$$\Sigma = \int + \epsilon$$

OK αν

ϵ

\ll

Y



ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά:

1. E. Rozos, and D. Koutsoyiannis, Analysis of multi-cell models' error, *Journal of Hydrology*, in review: moderate revision.
2. Efstratiadis, A., I. Nalbantis, A. Koukouvinos, E. Rozos, and D. Koutsoyiannis, HYDROGEIOS: A semi-distributed GIS-based hydrological model for modified river basins, *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 989-1006, 2008.
3. Rozos, E., and D. Koutsoyiannis, A multicell karstic aquifer model with alternative flow equations, *Journal of Hydrology*, Volume 325, Issues 1-4, Pages 340-355, June 2006.
4. Rozos, E., A. Efstratiadis, I. Nalbantis, and D. Koutsoyiannis, Calibration of a semi-distributed model for conjunctive simulation of surface and groundwater flows, *Hydrological Sciences Journal*, 49(5), 819-842, 2004.

Ανακοινώσεις σε επιστημονικά συνέδρια: 11.



ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Τροποποίηση της διακριτοποίησης οδηγούμενη από τα αποτελέσματα της επίλυσης (adaptive mesh generation).
2. Εξέταση και άλλων εξισώσεων εναλλακτικών του Darcy για καρστικούς υδροφορείς (π.χ. σιγμοειδής προσαρμόζεται καλύτερα στις χαμηλές τιμές της καμπύλης παροχή-διάρκεια).
3. Προσομοίωση κίνησης ρύπων (μοντέλο αντιδραστήρα πλήρους μίξης).



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ

BLUE EDIT 1  DEF FN	RED CAPS LOCK 2  FN	MAGENTA TRUE VIDEO 3  LINE	GREEN INV.VIDEO 4  OPEN #	CYAN  5  CLOSE #	YELLOW  6  MOVE	WHITE  7  ERASE	 8  POINT	GRAPHICS 9  CAT	BLACK DELETE 0  FORMAT
SIN Q <= PLOT ASN	COS W <> DRAW ACS	TAN E >= REM ATN	INT R < RUN VERIFY	RND T > RAND MERGE	STR \$ Y AND RETURN [CHR \$ U OR IF]	CODE I AT INPUT IN	PEEK O : POKE OUT	TAB P .. PRINT ©
READ A STOP NEW ~	RESTORE S NOT SAVE 	DATA D STEP DIM \	SGN F TO FOR <	ABS G THEN GOTO >	SQR H ↑ GOSUB CIRCLE	VAL J - LOAD VAL \$	LEN K + LIST SCREEN \$	USR L = LET ATTR	ENTER
CAPS SHIFT	LN Z : BEEP COPY	EXP X ε INK CLEAR	LPRINT C ? PAPER CONT	LLIST V / FLASH CLS	BIN B * BRIGHT BORDER	INKEY \$ N , OVER NEXT	PI M . INVERSE PAUSE	SYMBOL SHIFT	BREAK SPACE