

Υφαλμύρινη Παράκτιων Υδροφορέων - προσδιορισμός και αντιμετώπιση του φαινομένου με συνδυασμό μοντέλων προσομοίωσης και μεθόδων βελτιστοποίησης

Καθ. Καρατζάς Γεώργιος

Υπ. Διδ. Δόκου Ζωή

Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Χανιά



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Υπόγεια ύδατα

- Βασική παράμετρος υδρολογικού κύκλου
- Ζωτικής σημασίας για τον άνθρωπο λόγω
 - ⇒ Υψηλής ποιότητάς τους
 - ⇒ Διαθεσιμότητάς τους
- Υποβάθμιση της ποιότητάς τους κυρίως λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας
- Δέχονται μεγαλύτερες πιέσεις από γεωργία και την αυξανόμενη αστικοποίηση
- Φαινόμενα υποβάθμισής και υφαλμύρινσής τους κατά μήκος του συνόλου της ελληνικής επικράτειας

Φαινόμενο υφαλμύρισης

- Εισροή θαλασσινού νερού σε υπόγειους υδροφορείς → αύξηση αλατότητάς τους σε δεδομένη τοποθεσία, βάθος
- Μπορεί να οφείλεται σε
 - ⇒ Φυσικά αίτια
 - ⇒ Ανθρωπογενή παρέμβαση
 - ⇒ Συνδυασμός των ανωτέρω
- Δεν θεωρείται αναστρέψιμο φαινόμενο
 - ⇒ Προσρόφηση αλατιού
 - ⇒ Αργή κίνηση νερού
- Καλύτερη αντιμετώπιση → η πρόληψη. Διαφορετικά χρήση εφαρμοσμένων μαθηματικών προσομοιώσεων

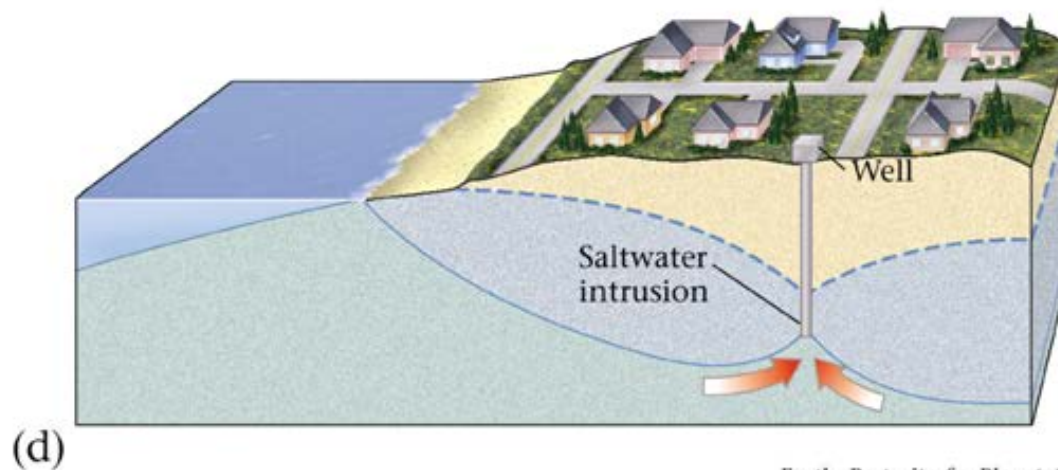
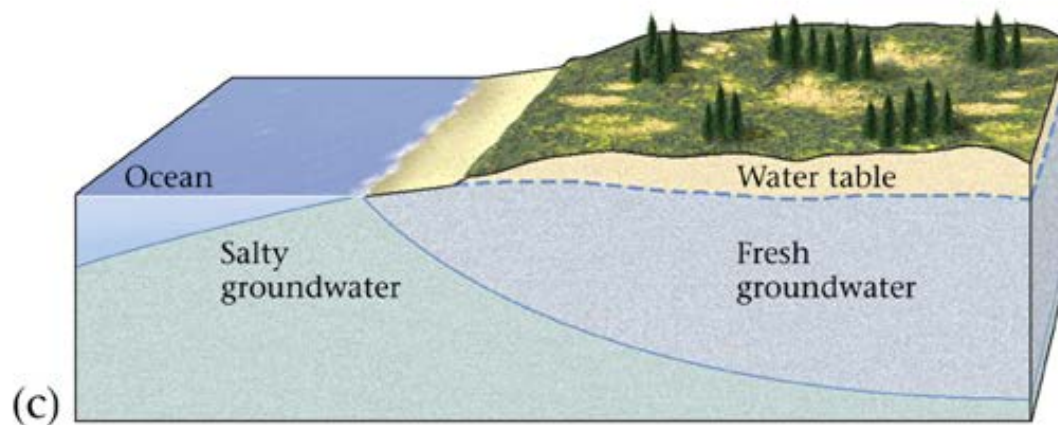


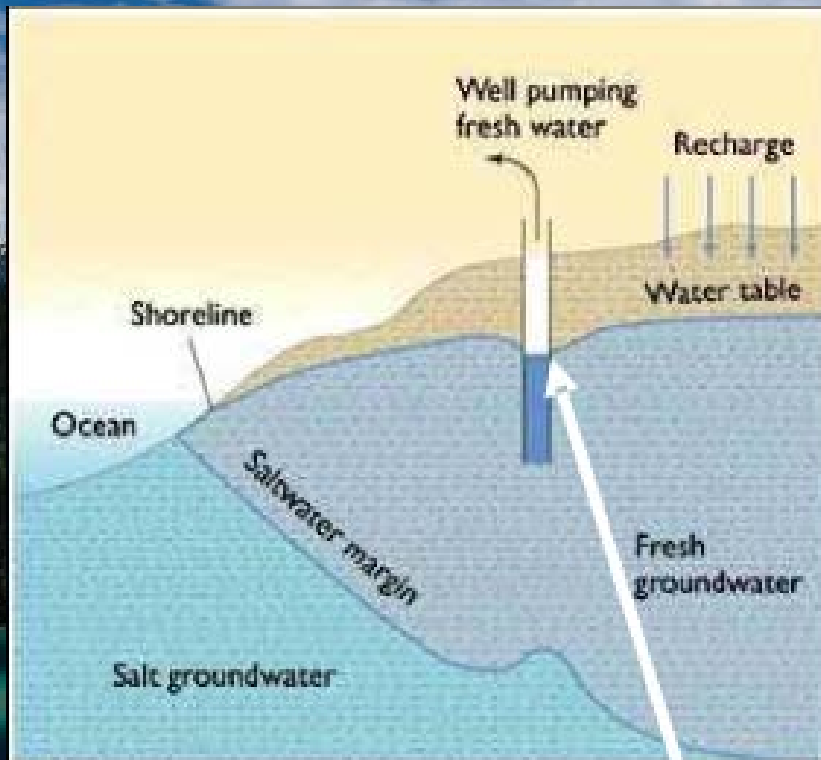
FIGURE 19.21

Earth: Portrait of a Planet, 2nd Edition
Copyright (c) W.W. Norton & Company

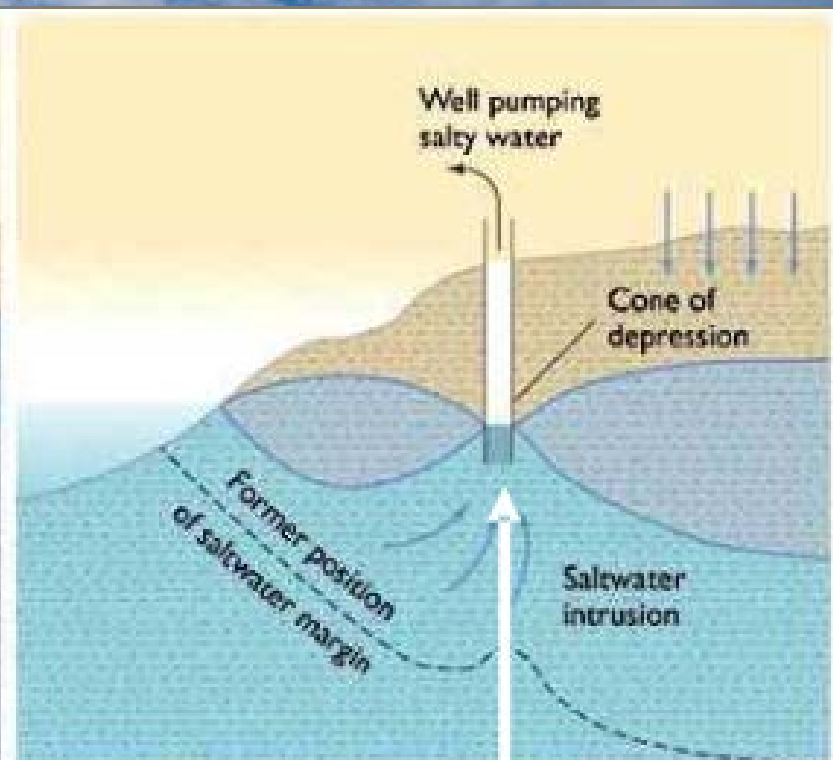


Saltwater Upconing

McLane Environmental, LLC



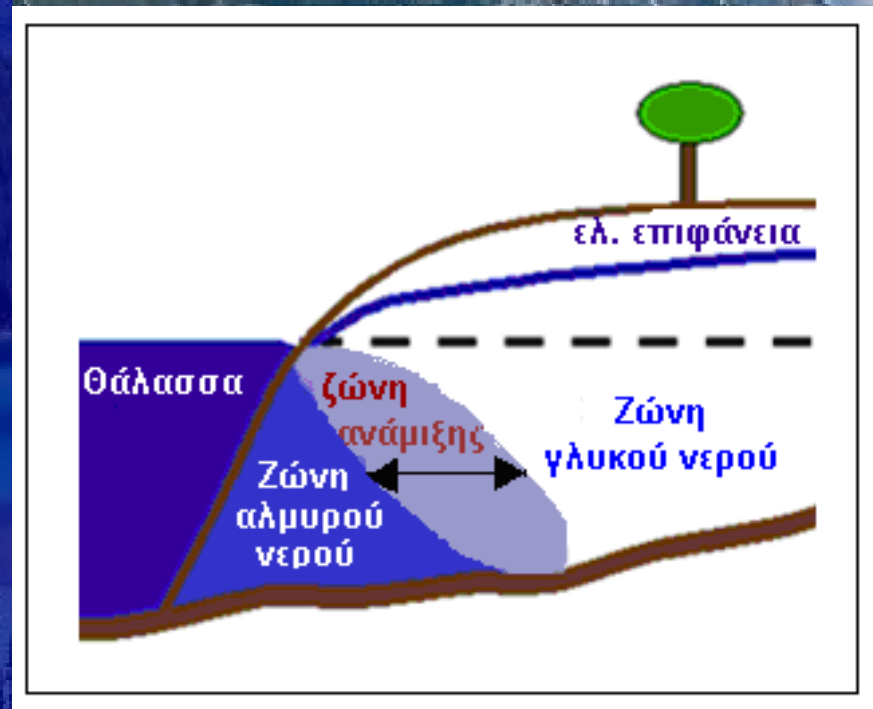
(a) Before extensive pumping



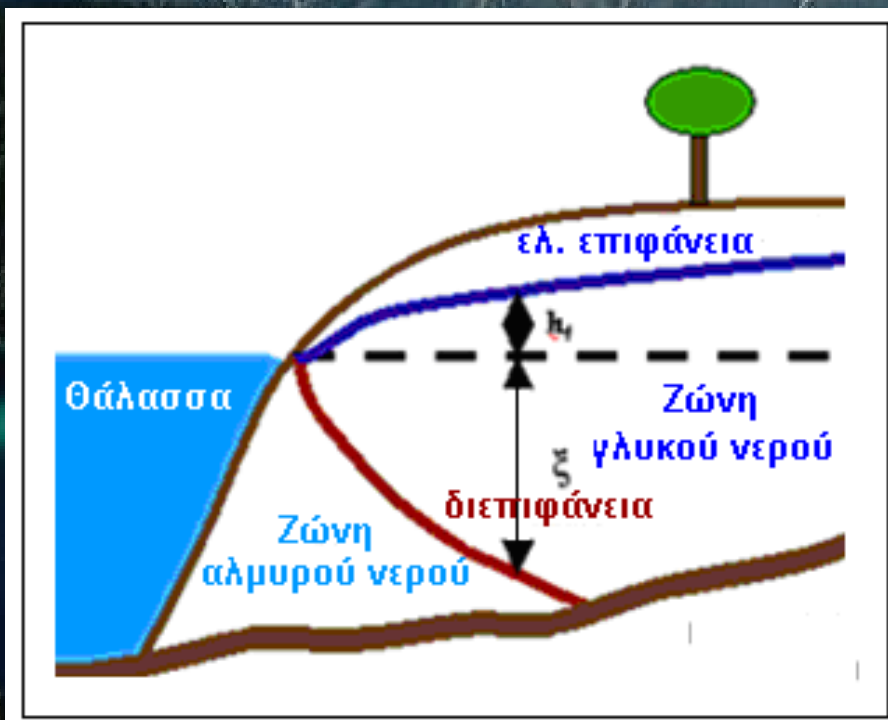
(b) After extensive pumping by many wells

Μέθοδοι προσομοίωσης

- Θεώρηση διεπιφάνειας πεπερασμένου πάχους
 - ⇒ Αντιμετωπίζεται σαν ένα είδος ρύπανσης
 - ⇒ Θεωρείται ότι υπάρχουν 2 αναμίξιμα υγρά
 - ⇒ Προσεγγίζεται σαν πρόβλημα υδροδυναμικής διασποράς με συγκέντρωση εξαρτώμενη της πυκνότητας



- Θεώρηση απότομης διεπιφάνειας
- Γίνεται η παραδοχή ότι υπάρχουν 2 μη αναμίξιμα υγρά
- Αδιατάρακτη ροή → ακίνητη διεπιφάνεια, μόνιμη ροή
- Άντληση → κινούμενη διεπιφάνεια, μη μόνιμη ροή

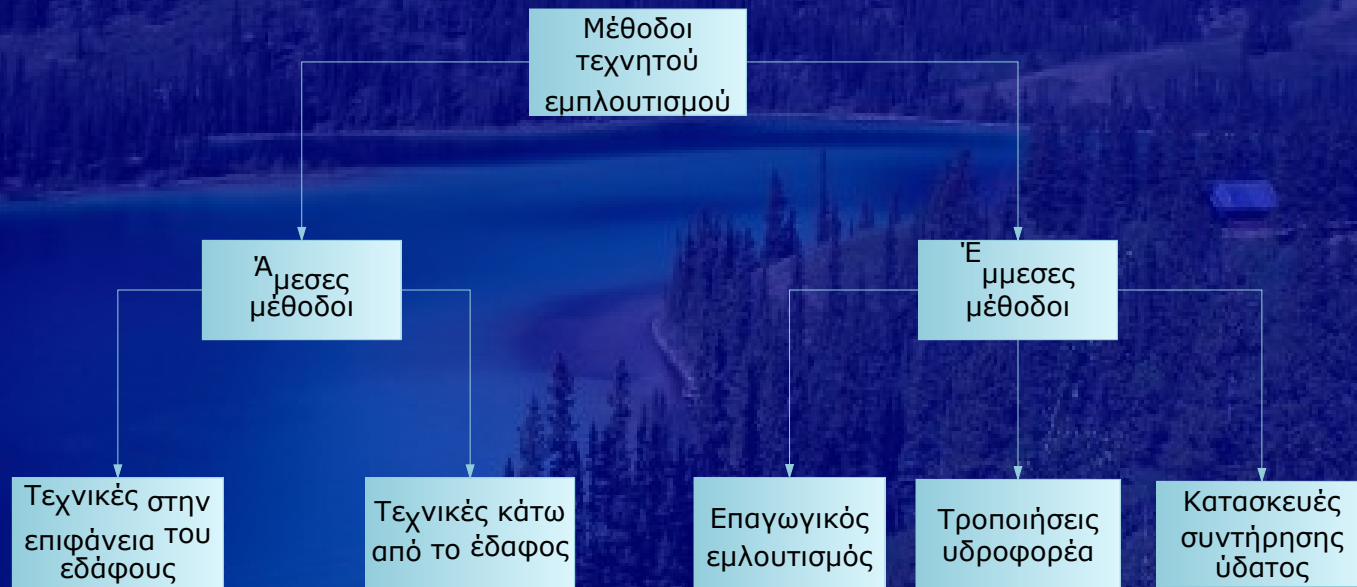


Νόμος Ghyden – Herzberg για τον υπολογισμό της θέσης της διεπιφάνειας

$$\xi = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h_f \approx 40 h_f$$

Τρόποι αντιμετώπισης

- Έλεγχος αντλήσεως
 - ⇒ Μείωση ρυθμού άντλησης
 - ⇒ Μετατόπιση θέσης γεώτρησης
- Τεχνητός εμπλουτισμός



Προσομοίωση της Υπόγειας Ροής και Μεταφοράς Μάζας

Μοντέλα Προσομοίωσης

- Μαθηματικά μοντέλα που επιλύουν συστήματα διαφορικών εξισώσεων που περιγράφουν την ροή και την μεταφορά μάζας
- Δύναται να είναι 1-D , 2-D ή 3-D
- Τυπικές μέθοδοι επίλυσης αυτών με θεωρία πεπερασμένων στοιχείων ή πεπερασμένων διαφορών

Εξίσωση Ροής

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - S \frac{\partial h}{\partial t} + Q = 0$$

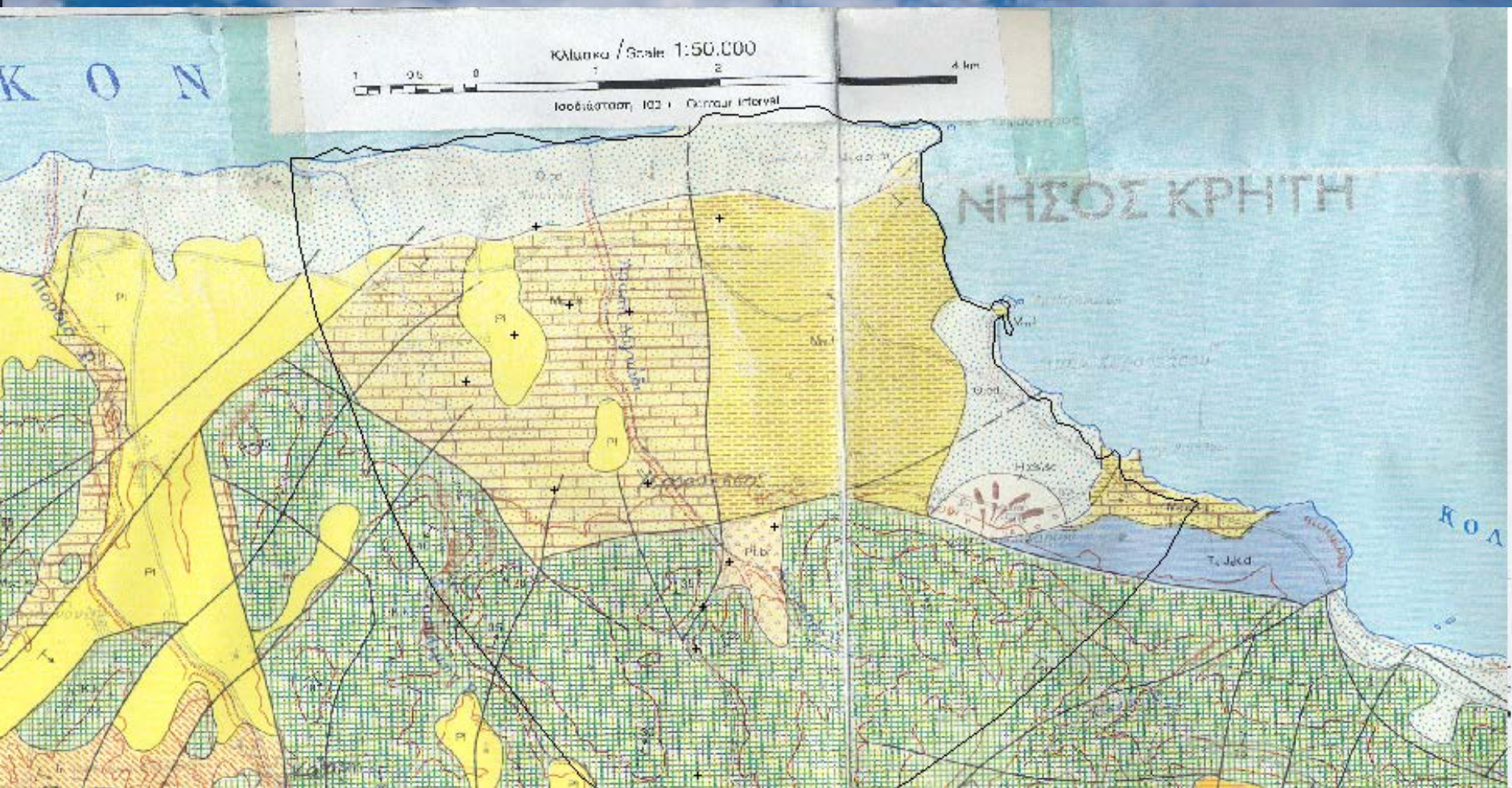
Νόμος του Darcy

$$V_x = -K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}, \quad V_y = -K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}, \quad V_z = -K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}$$

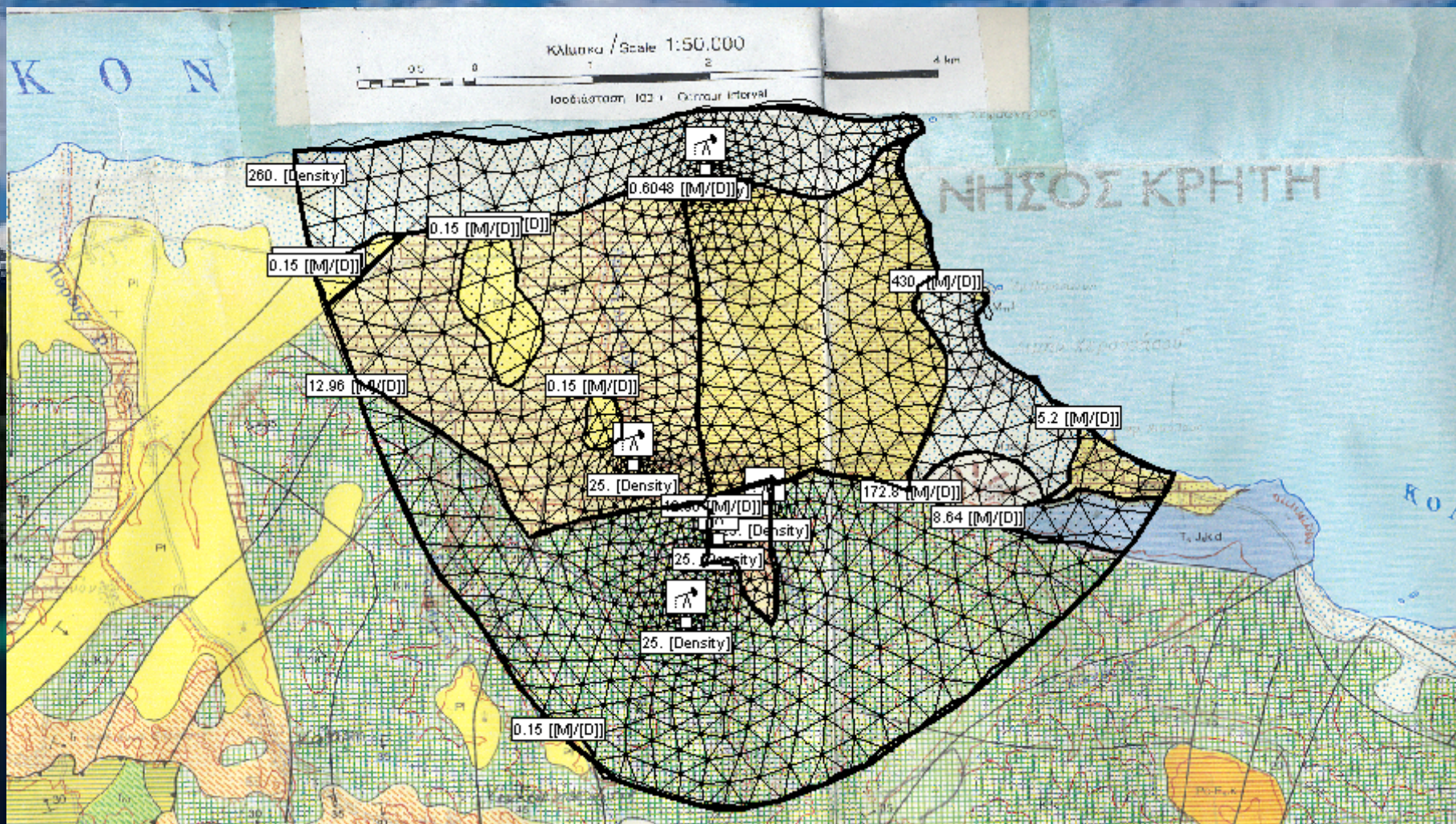
Εξίσωση Μεταφοράς Μάζας

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left[D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{xy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{xz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D_{yx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{yz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left[D_{zx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{zy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{zz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] - \left[V_x \frac{\partial c}{\partial x} + V_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_z \frac{\partial c}{\partial z} \right] \\ + Q(c^w - c) - \theta[1 + E(c)] \left(\frac{\partial c}{\partial t} \right) = 0 \end{aligned}$$

ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ



ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

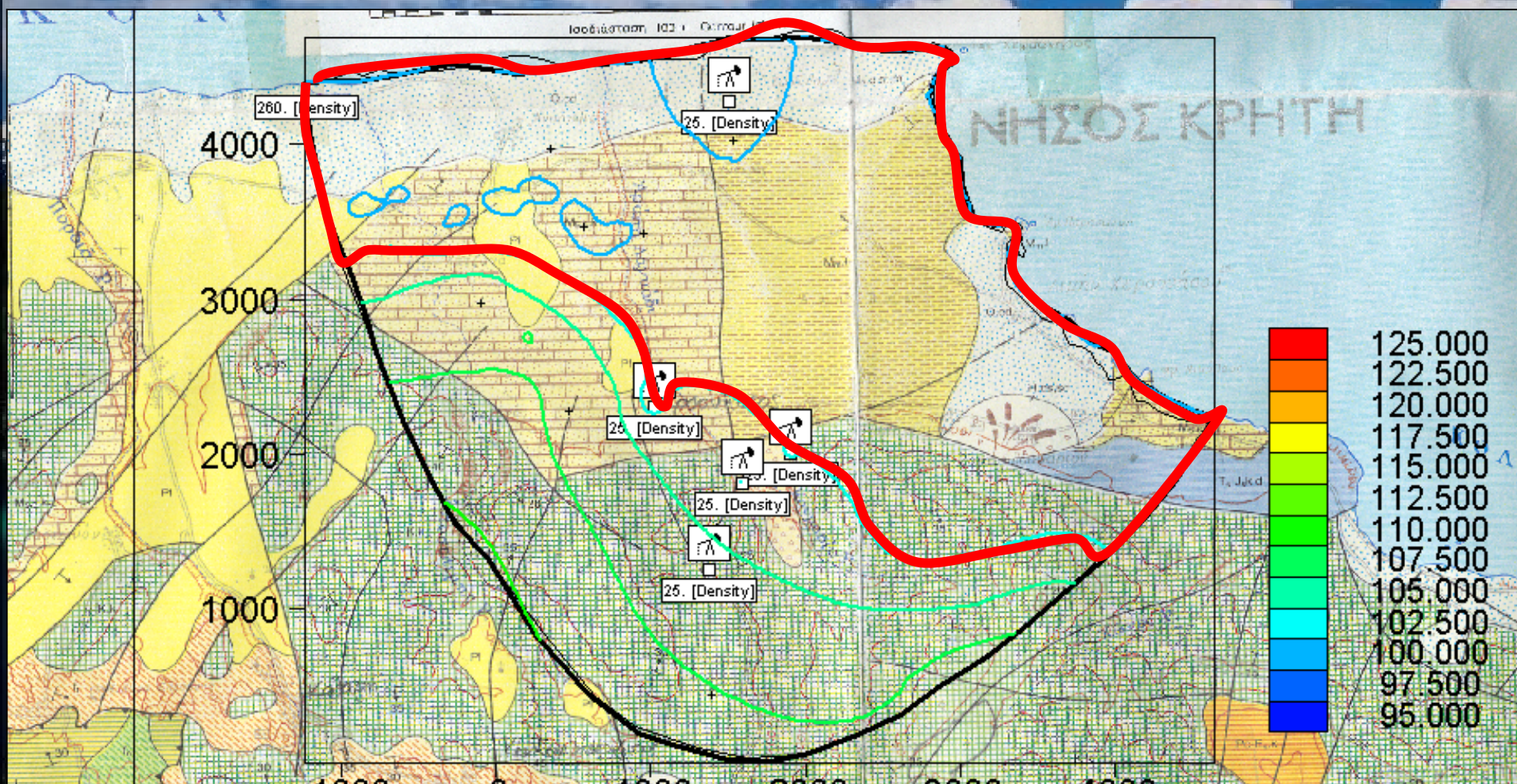


ΟΙ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ

Αριθμός πηγαδιού άντλησης	Μέγιστη παροχή άντλησης (m ³ /d)	Ιδιοκτήτης
Γ386	1800	Δήμος Χερσονήσου
Γ387	2520	Δήμος Χερσονήσου
Γ389	576	Δήμος Χερσονήσου
Γ393	2520	Δήμος Χερσονήσου
Γ403	146	Δήμος Χερσονήσου

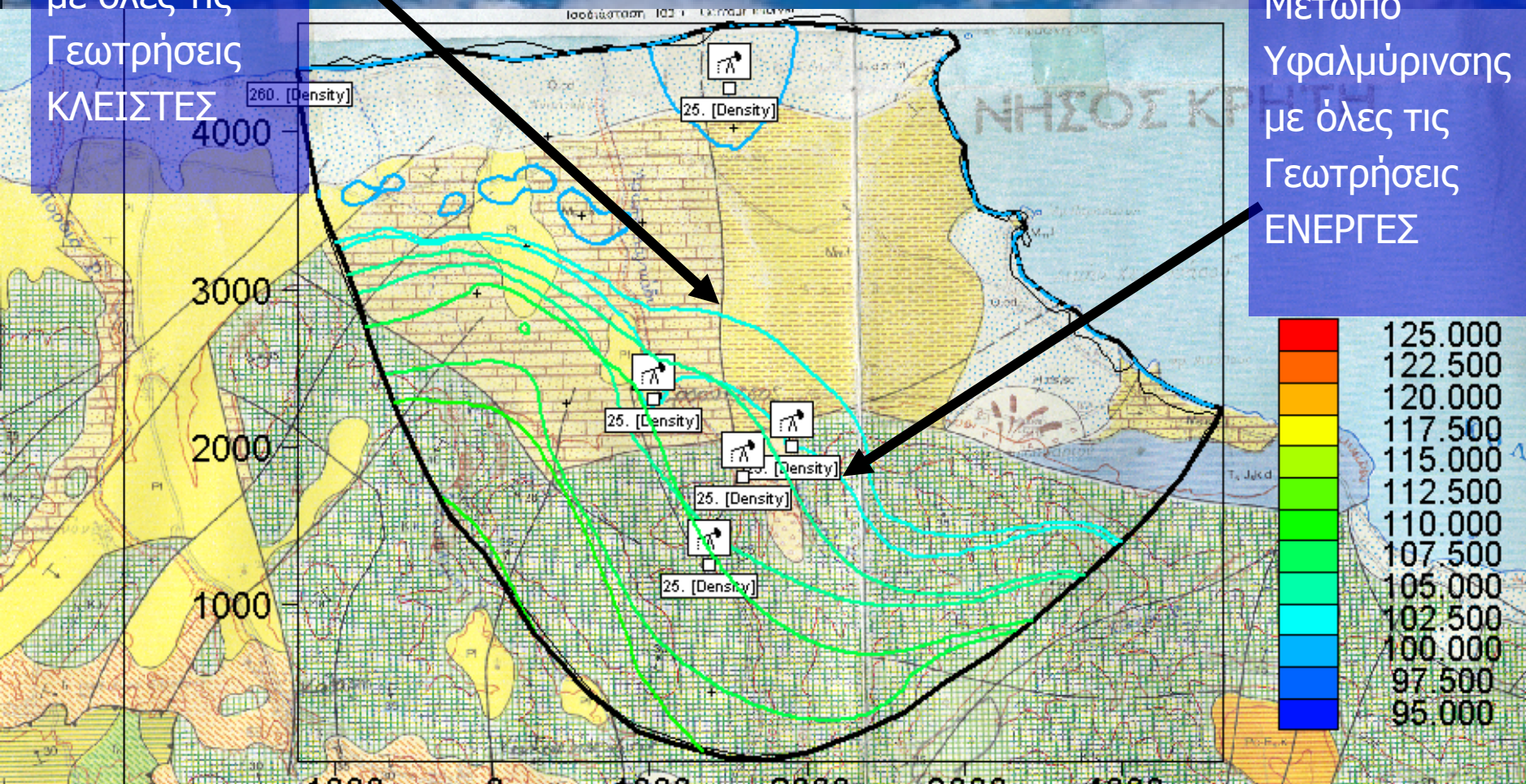
Περίοδος προσομοίωσης: 10 έτη

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



Μέτωπο
Υφαλμύρινσης
με όλες τις
Γεωτρήσεις
ΚΛΕΙΣΤΕΣ

Μέτωπο
Υφαλμύρινσης
με όλες τις
Γεωτρήσεις
ΕΝΕΡΓΕΣ



Ορισμός του προβλήματος

Στόχος της βελτιστοποίησης:

Η **μεγιστοποίηση της άντλησης** από τα πέντε πηγάδια με ταυτόχρονο **περιορισμό του μετώπου της υφαλμύρισης**

➤ Καθορισμός περιορισμού

Ορίζεται αριθμός σημείων ανάμεσα στα δύο ακραία μέτωπα τα οποία χαρακτηρίζονται ως «πηγάδια παρατήρησης» στα οποία δεν επιτρέπεται το υδραυλικό ύψος να είναι μικρότερο των 102.5 μέτρων.

➤ Καθορισμός άνω και κάτω ορίων για τις μεταβλητές απόφασης

Οι παροχές στα πηγάδια άντλησης:

- δεν μπορούν να υπερβούν τις μέγιστες τιμές τους
- δεν μπορούν να είναι μικρότερες από μηδέν

Μαθηματική έκφραση του προβλήματος

$$\max \sum_{i=1}^5 q_i \text{ subject to } H_1, H_2, \dots, H_{10} \geq 102.5$$

$$0 \leq q_1 \leq 1800$$

$$0 \leq q_2 \leq 2520$$

$$0 \leq q_3 \leq 576$$

$$0 \leq q_4 \leq 2520$$

$$0 \leq q_5 \leq 146$$

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

- Γραμμικός Προγραμματισμός – Simplex Method
- Γενετικοί Αλγόριθμοι
- Νευρωνικά Δίκτυα
- κ.α

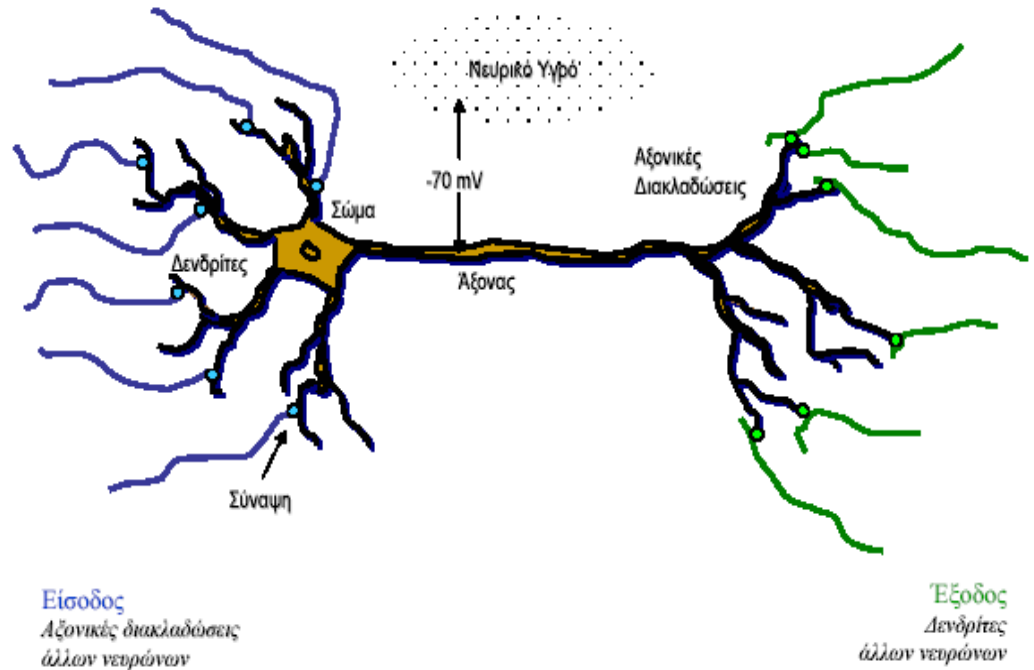
ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

- ✓ Οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι αλγόριθμοι οι οποίοι βασίζονται στη μίμηση των διαδικασιών της *Εξέλιξης* και της *Κληρονομικότητας*
- ✓ Χρησιμοποιούν ορολογία δανεισμένη από τη Βιολογία
- ✓ Είναι μέθοδοι μετάβασης ενός πληθυσμού χρωμοσωμάτων σε ένα νέο πληθυσμό χρησιμοποιώντας ένα είδος φυσικής επιλογής, σε συνδυασμό με τους γενετικούς τελεστές της *διασταύρωσης* και της *μετάλλαξης*
- ✓ Πλεονεκτούν αισθητά σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους βελτιστοποίησης

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι:

- Ασαφής μέθοδος της Τεχνητής Νοημοσύνης όπως και οι γεννητικοί αλγόριθμοι
- Βασίζονται στον τρόπο λειτουργίας των βιολογικών νευρώνων του εγκεφάλου οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την ικανότητα μάθησης και μνήμης του ανθρώπου



ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα λειτουργούν ως εξής:

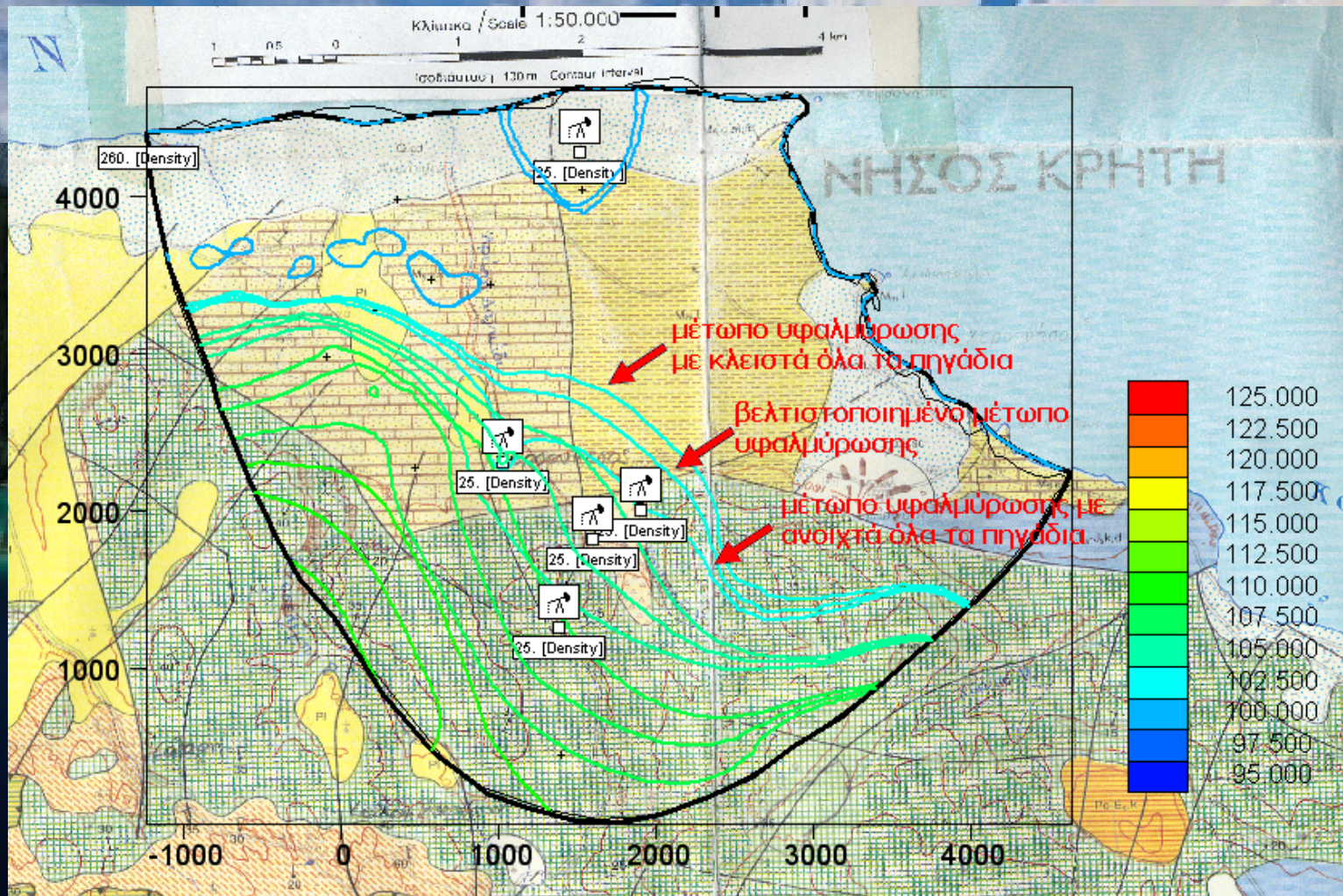
- Δέχονται κάποια σήματα εισόδου
- Μεταβάλλουν το σήμα εισόδου με μία τιμή βάρους(weight) που είναι υπεύθυνη για την απομνημόνευση-εκπαίδευση
- Δημιουργούν μία συνάρτηση ενεργοποίησης για την εκπαίδευσή τους
- Διαμορφώνουν κάποια σήματα εξόδου(επίλυση του προβλήματος)

Αποτελέσματα Βέλτιστου Σχεδιασμού

Αύξων Αριθμός	Αριθμός γεώτρησης άντλησης	Μέγιστη παροχή άντλησης – Υπάρχουσα Κατάσταση (m ³ /d)	Simplex Βέλτιστες Παροχές (m ³ /d)	Εξελικτικός αλγόριθμος Βέλτιστος Παροχές (m ³ /d)
1	Γ386	1800	1800	1800
2	Γ387	2520	631.5	659.6
3	Γ389	576	576	575.7
4	Γ393	2520	1935.4	1786.1
5	Γ403	146	0	114.3
ΣQ		7562	4942.9	4935.7

Επίλυση του υπό μελέτη προβλήματος

Το βελτιστοποιημένο μέτωπο της υφαλμύρινης, όπως προκύπτει και από τις δύο μεθόδους βελτιστοποίησης



Συμπεράσματα

- Ο συνδυασμός μοντέλων προσομοίωσης και μεθόδων βελτιστοποίησης είναι δυνατόν να συμβάλει τα μέγιστα σε προβλήματα διαχείρισης παράκτιων υδροφορέων με υφαλμύρινη του υπόγειου ύδατος.
- Αναχαίτιση της υφαλμύρινης είναι επίπονη και χρονοβόρα. Ακόμα κι όταν το μέτωπο απωθηθεί πρέπει να εκροφηθεί και το προσροφημένο στους κόκκους του εδάφους άλας.
- Η υφαλμύρινη είναι ένα φαινόμενο που είναι δύσκολα να αναχαιτισθεί και ίσως μη αναστρέψιμο.
- Πρακτικά αδύνατη φάνηκε η αναχαίτιση του μετώπου της υφαλμύρινης στη παρούσα μελέτη για χρονικό ορίζοντα μιας δεκαετίας.
- **Η ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ ΚΑΙ ΟΧΙ ΣΤΗΝ ΑΝΑΧΑΙΤΙΣΗ**