



Εκμετάλλευση και Προστασία των Υπόγειων Υδατικών Πόρων

Ενότητα 7: Τεχνικές εξυγίανσης υπόγειων υδροφορέων

Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Θεοδοσίου
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Τεχνικές εξυγίανσης υπόγειων υδροφορέων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Έλεγχος ποιότητας υπόγειων νερών (1/2)

- α. Έλεγχος των πηγών ρύπανσης.** Πρόκειται για την αντιμετώπιση προβλημάτων που αφορούν στις επιπτώσεις στην ποιότητα του υπόγειου νερού από νέες εγκαταστάσεις που ενέχουν τον κίνδυνο ρύπανσης (διάθεση λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, ταφή ραδιενεργών ουσιών κτλ).
- β. Εξυγίανση υδροφορέων.** Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται όλα εκείνα τα διαπιστωμένα επεισόδια ρύπανσης υπόγειων υδατικών πόρων, όπου διάφορες δραστηριότητες στο παρελθόν έχουν προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών, ώστε να καθίσταται τελείως αναγκαία η εφαρμογή κάποιας τεχνικής εξυγίανσης του υδροφορέα, εφόσον επιδιώκεται η συνέχεια της εκμετάλλευσής του.



Έλεγχος των πηγών ρύπανσης

Πρωταρχικός στόχος είναι η μείωση του συνολικού ρυπαντικού φορτίου που μετά τη διάθεση στο έδαφος εισέρχεται στο υπόγειο νερό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μια σειρά επεξεργασιών που περιλαμβάνουν φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες.

Πρόσθετα μέτρα για την παρεμπόδιση εισόδου των ακάθαρτων νερών στους υδροφορείς:

- υδατομόνωση της επιφάνειας του εδάφους με διάφορα αδιαπέρατα υλικά,
- ειδικές διαμορφώσεις στην τοπογραφία του χώρου διάθεσης με στόχο τον έλεγχο τόσο της επιφανειακής απορροής όσο και της διήθησης των διασταλαζόντων ρύπων,
- εγκαταστάσεις αποστράγγισης κτλ.



Έλεγχος ποιότητας υπόγειων νερών (2/2)

Επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου ελέγχου ποιότητας νερών.

Χαρακτηρισμός περιστατικών ρύπανσης:

- (α) οξέα, είναι αυτά που προέρχονται από διαρροές ή διαθέσεις ρύπων σε μεγάλες ποσότητες μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα ή
- (β) χρόνια, είναι όλα εκείνα που προέρχονται από τις υπόλοιπες πηγές ρύπανσης, σημειακές ή κατανεμημένες.

Σκοπός:

- (α) περιορισμός ρύπανσης είναι η παρεμπόδιση της εισόδου των ρύπων στο υπόγειο νερό ή της μετακίνησης της ζώνης (κηλίδας) ακάθαρτου νερού ή
- (β) μέθοδοι θεραπείας οι οποίες αναφέρονται ειδικά στη διαδικασία ανάκτησης της αρχικής ποιότητας καθαρού νερού.



Εξυγίανση υδροφορέων (1/2)

Τεχνικές εξυγίανσης υδροφορέων:

(α) φυσικές μέθοδοι ελέγχου ή (β) επιτόπου μέθοδοι εξυγίανσης.

Φυσικές μέθοδοι ελέγχου

(α) φυσικές διεργασίες καθαρισμού, (β) ανθρωπογενείς διαδικασίες.

χαρακτηριστικό ότι ο στόχος επιτυγχάνεται μέσω των μηχανισμών κίνησης και μεταφοράς του νερού και κατά συνέπεια και των ρύπων.



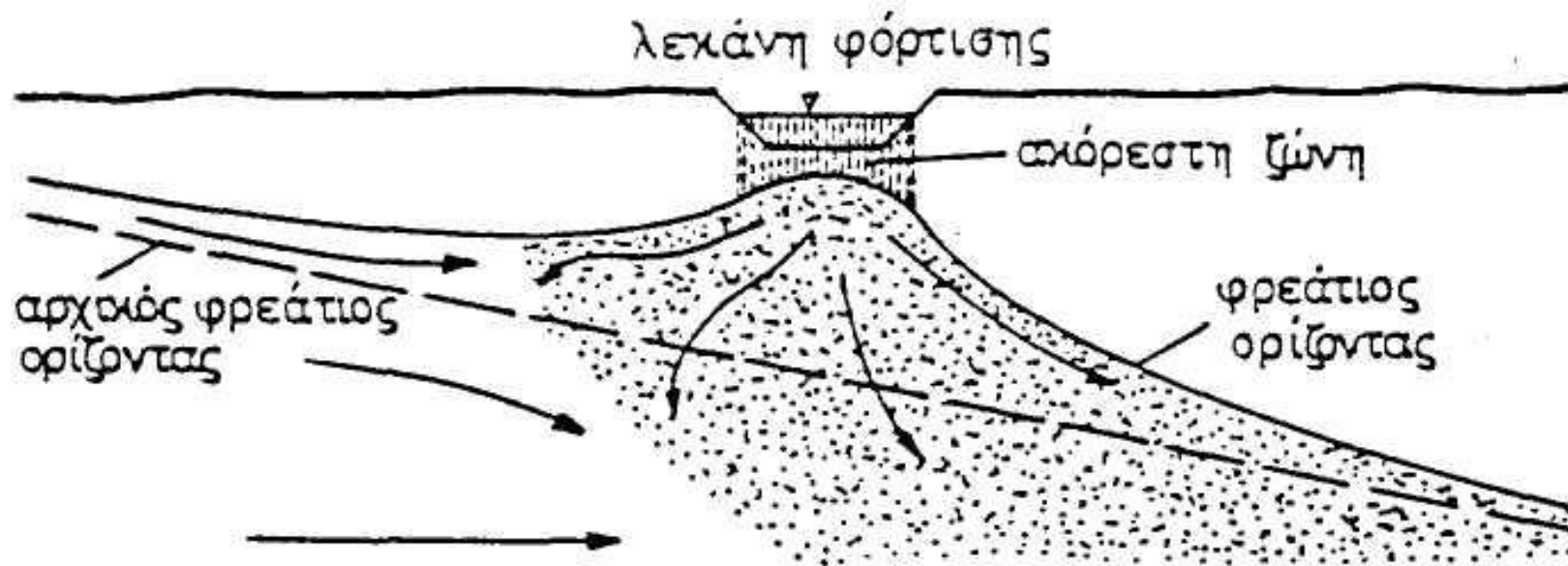
Φυσικές διεργασίες καθαρισμού (1/2)

Αφορούν κυρίως σε φρεάτιους – αβαθείς υδροφορείς. Διακρίνονται τέσσερις μορφές φυσικών διεργασιών:

1. Φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Όσο μεγαλύτερο το πάχος της ακόρεστης ζώνης τόσο μεγαλύτερη η απορρύπανση.
2. Φυσικές διαδικασίες κατά την ροή όπως διήθηση, προσρόφηση, ιοντοανταλλαγή, διασπορά, οξείδωση και μικροβιακή αποδόμηση, καθώς και στην αραίωση.
3. Υδροδυναμική των υπόγειων ροών, τα διάφορα στρώματα που συναντώνται, η υδραυλική επικοινωνία των στρωμάτων αυτών με γειτονικούς υδροφορείς κτλ.
4. Τύπος του ρύπου. φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά και ειδικότερα ο βαθμός ισορροπίας του κάτω από διαφορετικές συνθήκες.



Φυσικές διεργασίες καθαρισμού (2/2)



Σχήμα 1: Ρύπανση υδροφορέα από επιφανειακή πηγή.

Από: Περικλής Λατινόπουλος Προστασία και Εξυγίανση των Υπόγειων Νερών – Σημειώσεις Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Θεσσαλονίκη 2006, σελ. 179.



Ανθρωπογενείς διαδικασίες (1/8)

Τα σχετικά έργα που απαιτούνται διαχωρίζονται σε τέσσερις ευρύτερες κατηγορίες:

- α) αδιαπέρατα διαφράγματα,
- β) διαπερατές κλίνες επεξεργασίας,
- γ) βιολογικές τεχνικές αποκατάστασης και
- δ) συστήματα πηγαδιών.



Ανθρωπογενείς διαδικασίες (2/8)

α) αδιαπέρατα διαφράγματα,

Τα αδιαπέρατα διαφράγματα χρησιμοποιούνται κυρίως για να εκτρέψουν τη φυσική υπόγεια ροή, έτσι ώστε είτε η ροή να μην περάσει από μια περιοχή διάθεσης ρύπων είτε να περιορισθεί τοπικά η ζώνη ρύπανσης που δημιουργήθηκε από μια τέτοια διάθεση. Ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται έχουμε διαφράγματα που διαμορφώνονται με έγχυση πολτών σε επιφανειακές τάφρους, κουρτίνες τιμεντενέσεων, τοίχους μεταλλικών πασσαλοσανίδων κτλ.



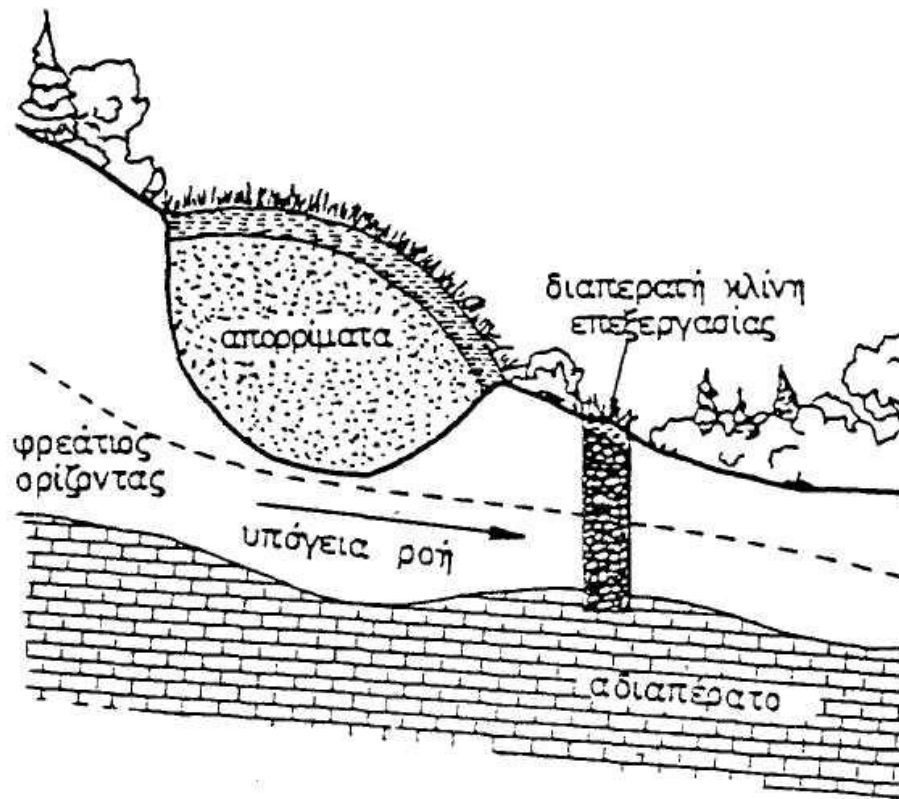
Ανθρωπογενείς διαδικασίες (3/8)

β) διαπερατές κλίνες επεξεργασίας,

Οι διαπερατές κλίνες επεξεργασίας χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική λύση των φυσικών διαφραγματικών τοίχων για περιπτώσεις ρύπανσης υπόγειων νερών σε σχετικά μικρά βάθη από την επιφάνεια του εδάφους. Λειτουργικά έχουμε και πάλι ένα διάφραγμα από διαπερατό όμως υλικό - έτσι ώστε να μη διαταράσσεται η ροή - που έχει την ιδιότητα να "συγκρατεί" με φυσικό ή χημικό τρόπο τους ρύπους, εμποδίζοντας την είσοδό τους στους κινούμενους στα κατάντι του διαφράγματος όγκους του υπόγειου νερού.



Ανθρωπογενείς διαδικασίες (4/8)



Σχήμα 2: Εφαρμογή της μεθόδου των διαπερατών κλινών επεξεργασίας.

Από: Περικλής Λατινόπουλος ο.π., σελ. 190.



Πλεονεκτήματα των Δ.Φ.

1. In-situ εξυγίανση του υπόγειου νερού χωρίς τη μετάθεσή του στην επιφάνεια του εδάφους.
2. Μειωμένα λειτουργικά έξοδα, συντήρησης και παρακολούθησης σε σχέση με την *pump and treat*.
3. Διατήρηση των φυσικών ιδιοτήτων της ροής.
4. Παραγωγική χρήση της τοποθεσίας κατά τη διάρκεια της εξυγίανσης.
5. Μη απαίτηση ακριβούς προσδιορισμού της πηγής ρύπανσης.



Μειονεκτήματα των Δ.Φ.

1. Αυξημένο κόστος κατασκευής και εγκατάστασής τους.
2. Χρήση τους σε υδροφορείς με βάθη μέχρι 12 – 15m.
3. Μη αποδοτικά για πολύ μικρές ή πολύ μεγάλες ταχύτητες υπόγειου νερού.
4. Δυσκολία στην κατασκευή τους όταν υπάρχουν επίγειες κατασκευές ή υπόγειες χρήσεις.
5. Πιθανότητα αστοχίας όταν είναι πολύ λεπτό το αδιαπέρατο στρώμα στον πυθμένα του υδροφορέα.



Ανθρωπογενείς διαδικασίες (5/8)

γ) βιολογικές τεχνικές αποκατάστασης

αφορά ρύπους που είναι βιοαποδομήσιμοι. Η επιτάχυνση του ρυθμού αποδόμησης των οργανικών ρύπων - κυρίως υδρογονανθράκων - γίνεται χρησιμοποιώντας μικρόβια σε συνδυασμό με την προσθήκη αέρα αλλά και θρεπτικών υλών στο έδαφος. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αποδόμησης είναι η μετατροπή των οργανικών ρύπων σε βιομάζα και αβλαβή υποπροϊόντα μικροβιακού μεταβολισμού.



Ανθρωπογενείς διαδικασίες (6/8)

δ) συστήματα πηγαδιών

αποτελεί την πιο διαδεδομένη πρακτική κι αυτό οφείλεται τόσο στην αποτελεσματικότητά της όσο και στο ότι η απαιτούμενη θεωρητική υποδομή - η θεωρία της υπόγειας υδραυλικής - είναι τόσο σαφής και κατανοητή όσο και απλή στην εφαρμογή της.

Η πιο γενική ταξινόμηση εφαρμογών με συστήματα πηγαδιών περιλαμβάνει τρεις παραλλαγές:

- α) αντλήσεις για τον υποβιβασμό της στάθμης των υπόγειων νερών,
- β) αντλήσεις που στοχεύουν στον περιορισμό (ακινητοποίηση ή παρεμπόδιση της κίνησης προς μια συγκεκριμένη διεύθυνση) της κηλίδας ακάθαρτου νερού και
- γ) αντλήσεις και επεξεργασία του νερού.



Ανθρωπογενείς διαδικασίες (7/8)

δ) συστήματα πηγαδιών

1) αντλήσεις για τον υποβιβασμό της στάθμης των υπόγειων νερών, έχει ως στόχο τον υποβιβασμό της στάθμης κάτω από περιοχές διάθεσης ρύπων, έτσι ώστε να εμποδιστεί η επαφή διηθούμενων ρύπων και κινούμενου καθαρού νερού, χρησιμοποιούνται είτε συστήματα βαθιών πηγαδιών είτε συστήματα πολλών μικρών και αβαθών κατακόρυφων σωληνώσεων που συνεργάζονται με κοινό αντλητικό συγκρότημα (συστήματα well-points).

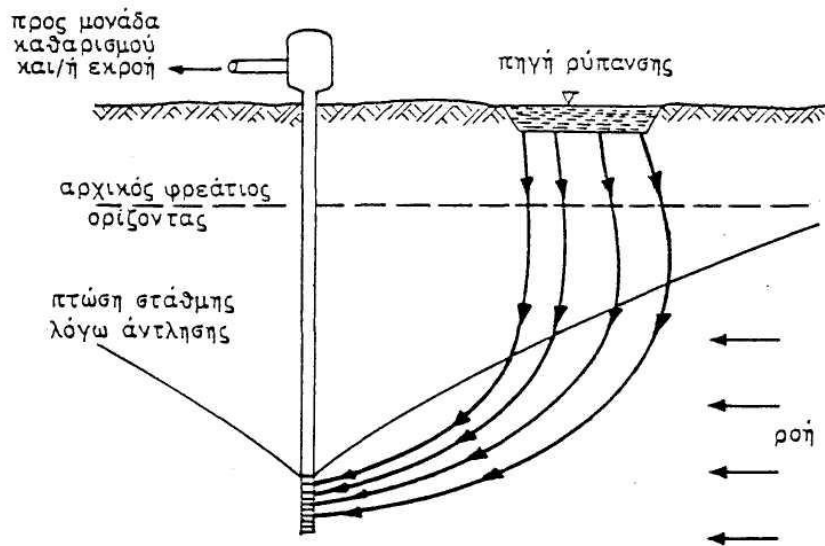
2) αντλήσεις που στοχεύουν στον περιορισμό (ακινητοποίηση ή παρεμπόδιση της κίνησης προς μια συγκεκριμένη διεύθυνση) της κηλίδας ακάθαρτου νερού στόχος είναι ο έλεγχος της κίνησης (διαχείρισης) της κηλίδας ακάθαρτου νερού, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο πηγάδια άντλησης αλλά και φόρτισης.

3) αντλήσεις και επεξεργασία του νερού.

περιλαμβάνει συστήματα πηγαδιών που αντλούν ακάθαρτο νερό το οποίο στη συνέχεια επεξεργάζεται (καθαρίζεται) και προσφέρεται για χρήση.

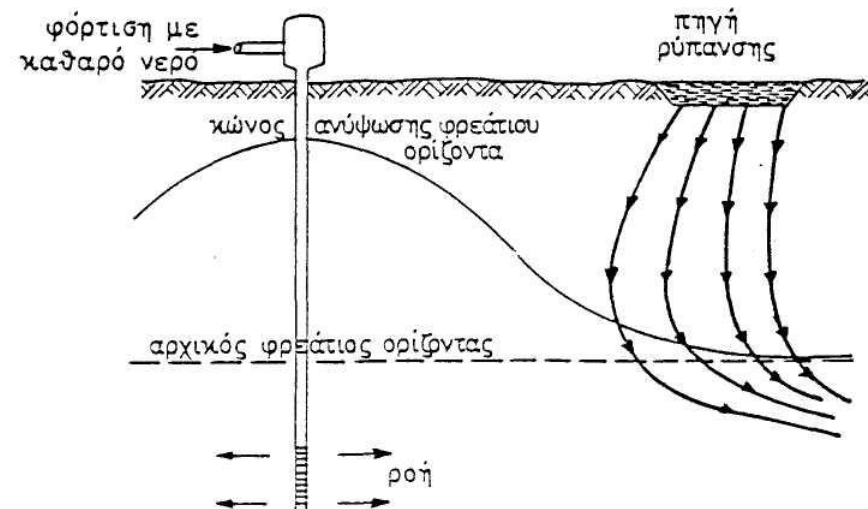


Ανθρωπογενείς διαδικασίες (8/8)



Σχήμα 3: Αρχή λειτουργίας συστήματος άντλησης-εξεργασίας.

Από: Περικλής Λατινόπουλος ο.π., σελ. 186.

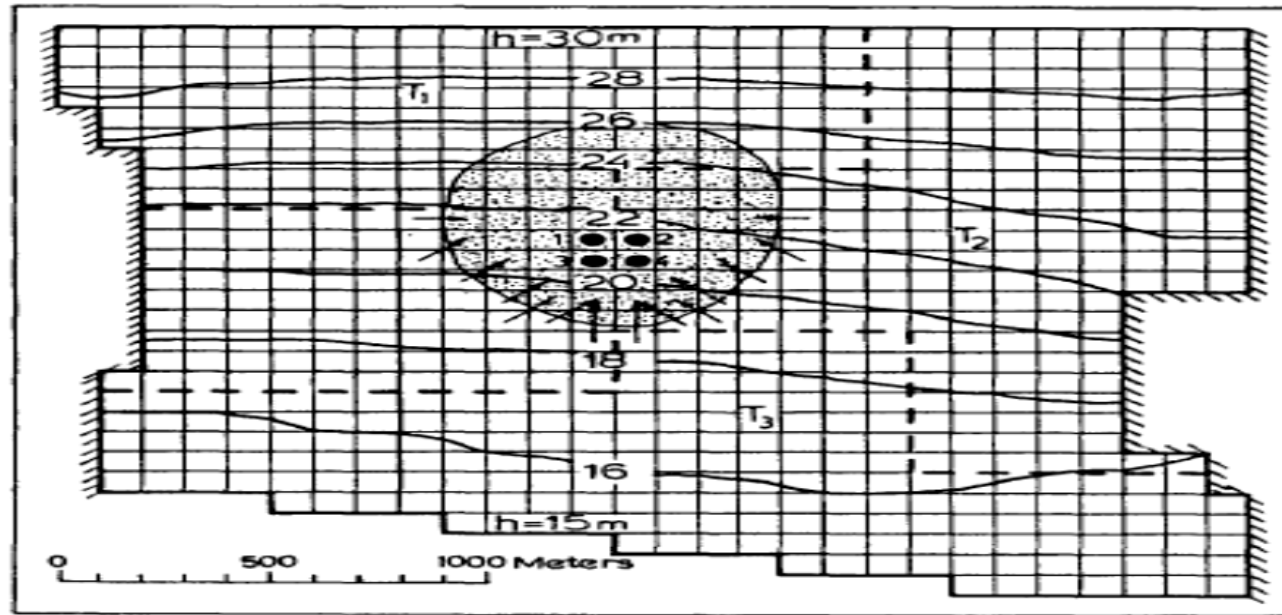


Σχήμα 4: Δημιουργία υδραυλικού διαφράγματος από γεώτρηση φόρτισης.

Από: Περικλής Λατινόπουλος ο.π., σελ. 188.



Γεωτρήσεις – Άντληση και φόρτιση (1/3)



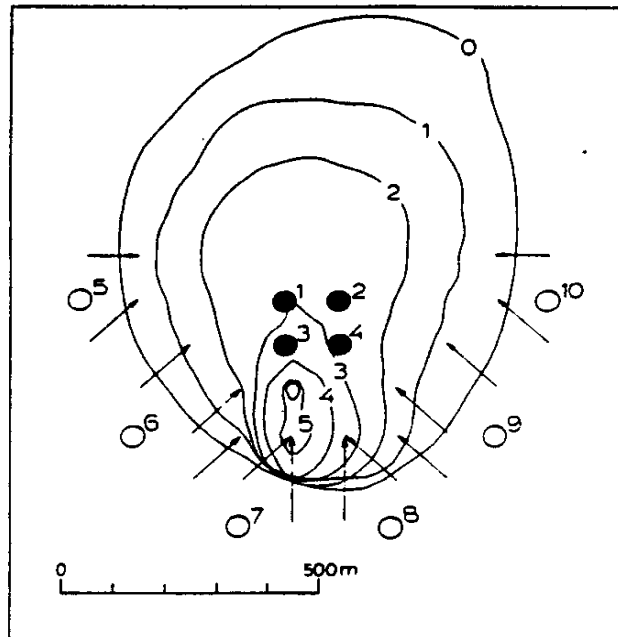
- Constant-Head Boundary
- //// No-Flow Boundary
- - - Constant Transmissivities Boundary
- Pumping Well
- gradient control locations
- |— Piezometric head

Fig. 1. The hypothetical aquifer used in the study.

Σχήμα 5: Παράδειγμα Απορρύπανσης Υδροφορέα με τη χρήση συστήματος γεωτρήσεων.

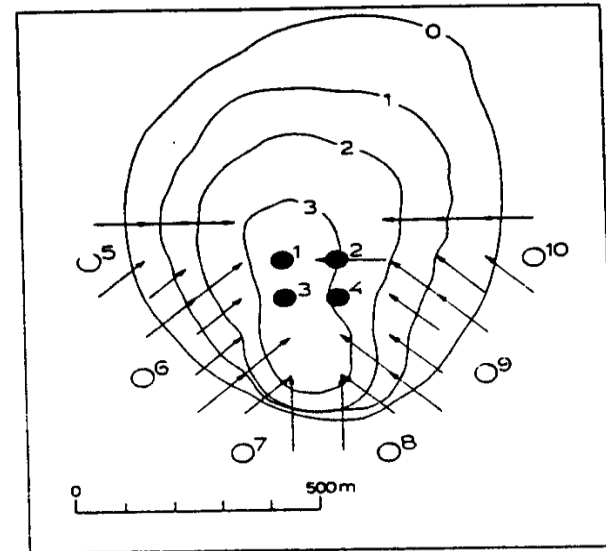


Γεωτρήσεις – Άντληση και φόρτιση (2/3)



- ~ 2 ~ Plume boundary contour
- Gradient check location
- 1 Pumping well
- 5 Injection well

Σχήμα 6: Προσομοίωση απορρύπανσης υδροφορέα με σταθερή λειτουργία γεωτρήσεων.

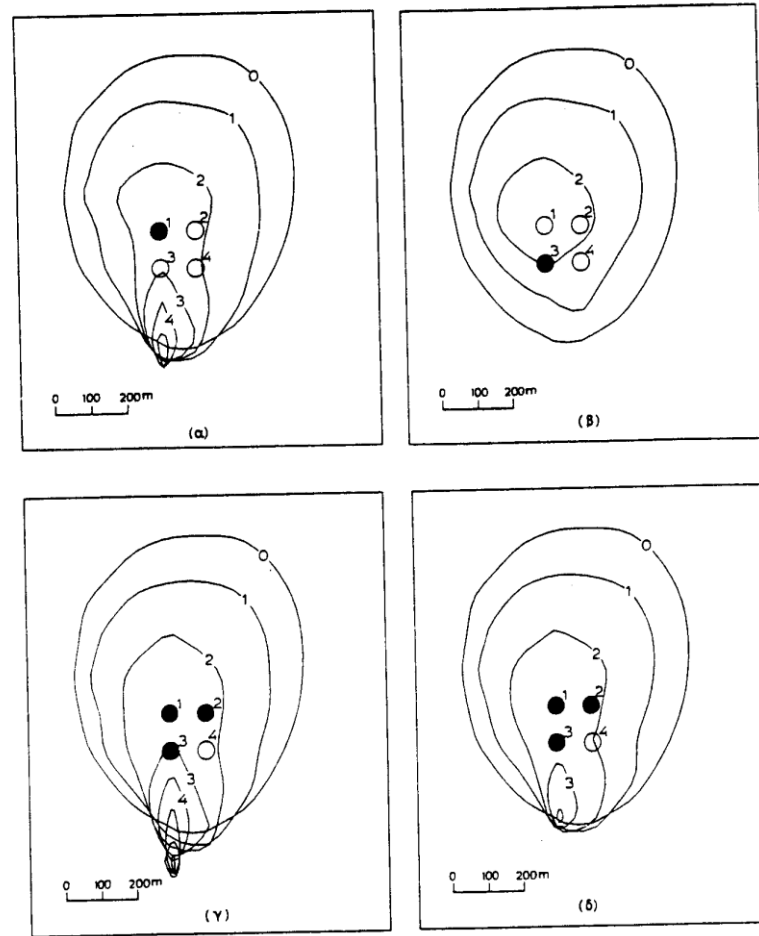


- ~ 2 ~ Plume boundary contour
- Gradient check location
- 1 Pumping well
- 5 Injection well

Σχήμα 7: Προσομοίωση απορρύπανσης υδροφορέα με μεταλλόμενη λειτουργία γεωτρήσεων.



Γεωτρήσεις – Άντληση και φόρτιση (3/3)



Σχήμα 8: Σενάρια προσομοίωσης απορρύπανσης υδροφορέα.



Εξυγίανση υδροφορέων (2/2)

Τεχνικές εξυγίανσης υδροφορέων:

(α) φυσικές μέθοδοι ελέγχου ή (β) επιτόπου μέθοδοι εξυγίανσης

Η απόφαση να γίνει χημική επιτόπου επεξεργασία των υπόγειων νερών παίρνεται μόνον όταν είναι γνωστός ο τύπος των ρύπων και συγχρόνως έχουν εκτιμηθεί τόσο η έκταση όσο και ο βαθμός της ρύπανσης.

(α) έκπλυση – (με νερό) σε αβαθείς υδροφορείς, συλλογή εκπλυμάτων με σύστημα well-point.

(β) ουδετεροποίηση / αποτοξικοποίηση - φόρτιση με πηγάδια μιας ουσίας που εκμηδενίζει την κινητικότητα των ρύπων ή τους καταστρέφει πλήρως.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Νικόλαος Θεοδοσίου.
«Εκμετάλλευση και Προστασία των Υπόγειων Υδατικών Πόρων. Τεχνικές
εξυγίανσης υπόγειων υδροφορέων». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS373/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Γιάννης Αυγολούπης>
Θεσσαλονίκη, <Χειμερινό Εξάμηνο 2014-2015>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

