



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΓΡΗΓΟΡΙΑΔΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΤΛΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΣΤΟΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2020





ΓΡΗΓΟΡΙΑΔΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΤΛΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ
ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΣΤΟΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων καθηγητής:

Καθηγητής Βουδούρης Κωνσταντίνος





© Γεωργία Γρηγοριάδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΤΛΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ
ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ
ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία

© Georgia Grigoriadou, School of Geology, Dept. of Geology, 2020

All rights reserved.

PROCESSING PUMPING DATA AND SPATIAL DISTRIBUTION OF
HYDRAULIC PARAMETERS OF THE AQUIFER IN THESSALONIKI PLAIN

–MSc Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: <https://gr.depositphotos.com>



ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....σελ.9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

-1.1. Ζώνη Παιονίας.....σελ.10
-1.2. Ζώνη Πάικου.....σελ.11
- 1.3. Ζώνη Αλμωπίας.....σελ.11
-1.4.Περιοδοπική ζώνη.....σελ.11
-1.5.Τριτογενείς σχηματισμοί.....σελ.12
-1.6.Τεταρτογενείς σχηματισμοί.....σελ.12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

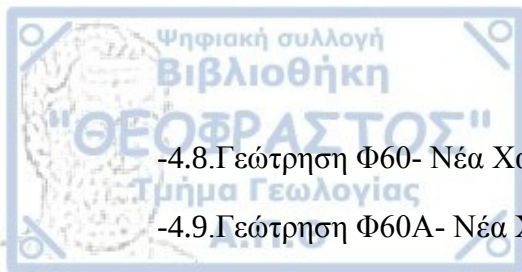
-2.1.Σχηματισμοί ορεινής – ημιορεινής ζώνης εκτός ανθρακικών πετρωμάτων..σελ.14
-2.2Σχηματισμοί ανθρακικής σειράς.....σελ.14
-2.3.Σχηματισμοί πεδινής – λοφώδους περιοχής (κοκκώδεις σχηματισμοί).....σελ.15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ THEIS ΚΑΙ JACOB

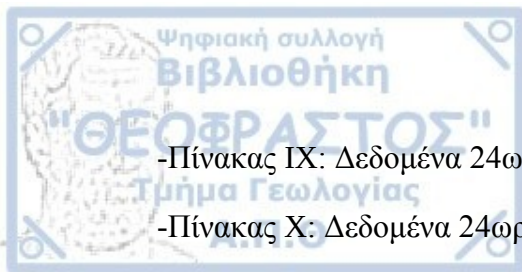
3.1.Πρότυπο- Μέθοδος Theis (1935).....σελ.17
3.2.Πρότυπο- Μέθοδος Jacob.....σελ.18
3.3.Μέθοδος επαναφοράς στάθμης.....σελ.19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ-ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

-4.1.Γεώτρηση Α15 –Αξιός.....σελ.22
-4.2.Γεώτρηση Α26-Αξιός.....σελ.25
-4.3.Γεώτρηση Α27- Αξιός.....σελ.29
-4.4.Γεώτρηση Α29.....σελ.32
-4.5.Γεώτρηση Α31-Αξιός.....σελ.35
-4.6.Γεώτρηση Γέφυρα 2 –Γέφυρασελ.36
-4.7.Γεώτρηση Φ51- Νέα Χαλκηδόνασελ.39



-4.8.Γεώτρηση Φ60- Νέα Χαλκηδόνα	σελ.41
-4.9.Γεώτρηση Φ60Α- Νέα Χαλκηδόνα.....	σελ.44
-4.10.Γεώτρηση Χ01- Χορτιάτης.....	σελ.46
-4.11.Γεώτρηση Θ7- Θέρμη.....	σελ.48
-4.12.Γεώτρηση Ε14 –Ελεούσα	σελ.52
-4.13.Γεώτρηση ΒΙ.ΠΕ.Θ – Βιομηχανική Περιοχή Θεσσαλονίκης.....	σελ.54
-4.14.Γεώτρηση Σ26Ν – Σίνδος	σελ.57
-4.15.Γεώτρηση Σ33– Σίνδος	σελ.60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ-ΧΑΡΤΕΣ ΣΤΟ ArcGis...	σελ.69
-5.1.Χάρτης χωρικής κατανομής-Υδραυλική αγωγιμότητα k.....	σελ.70
-5.2.Χάρτης χωρικής κατανομής-Μεταβιβαστικότητα T.....	σελ.71
-5.3.Χάρτης χωρικής κατανομής-Αποθηκευτικότητα S.....	σελ.71
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ.75
ΠΕΡΙΛΗΨΗ- ABSTRACT.....	σελ.77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ.78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	σελ.81
- Πίνακας Ι:Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Α15.....	σελ.81
- Πίνακας ΙΙ: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Α26.....	σελ.83
- Πίνακας ΙΙΙ: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Α27.....	σελ.84
- Πίνακας ΙV: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Α29.....	σελ.85
-Πίνακας V: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Γέφυρα 2	σελ.87
-Πίνακας VI: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Φ51.....	σελ.89
-Πίνακας VII: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Φ60Α.....	σελ.90
-Πίνακας VIII: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Χ01.....	σελ.92



-Πίνακας IX: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Θ7.....σελ.93
-Πίνακας X: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης E14σελ.95
-Πίνακας XI: Δεδομένα 24ωρης άντλησης Γεώτρησης ΒΙΠΕΘσελ.97
-Πίνακας XII: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Σ26Nσελ.99
-Πίνακας XIII: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Σ33σελ.101
-Πίνακας XIV: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Α31.....σελ.102

Σκοπός της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι ο υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων των υπόγειων υδροφορέων από δεδομένα δοκιμαστικών αντλήσεων, η γεωγραφική κατανομή τους σε θεματικό χάρτη, καθώς και η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των υδροφορέων στην περιοχή της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης.

Για το σκοπό αυτόν επιλέχθηκε η περιοχή της Θεσσαλονίκης και με βάση τα στοιχεία 15 γεωτρήσεων ύδρευσης, τα οποία δόθηκαν από την Ε.Υ.Α.Θ. έγινε εφαρμογή των μεθόδων Theis, Jacob και επαναφοράς στάθμης και υπολογίστηκαν οι υδραυλικές παράμετροι αποθηκευτικότητα, μεταβιβαστικότητα και ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας. Από τις μεθόδους αυτές χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων. Έτσι, με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα από τη διαδικασία της άντλησης και της επαναφοράς της στάθμης σχεδιάστηκαν διαγράμματα της πτώσης στάθμης σε συνάρτηση με το χρόνο για κάθε μια από τις γεωτρήσεις και έπειτα ο υπολογισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας k , της αποθηκευτικότητας S και της μεταβιβαστικότητας T . Στη συνέχεια με χρήση του προγράμματος ArcGis, έγινε ψηφιοποίηση του αντίστοιχου υδρογεωλογικού χάρτη της περιοχής και η χωρική κατανομή των τιμών των υδραυλικών παραμέτρων.

Για την εκτίμηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη η γνώση της γεωλογίας και της υδρογεωλογίας της περιοχής μελέτης, οι οποίες αναλύονται αντίστοιχα στο πρώτο και δεύτερο κεφάλαιο. Έπειτα στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν και τα χαρακτηριστικά τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο ακολουθεί λεπτομερής γεωλογική περιγραφή για κάθε γεώτρηση, η οποία είναι χρήσιμη για τη κατανόηση του υδρογεωλογικού περιβάλλοντος και ο υπολογισμός των υδραυλικών τους παραμέτρων.

Στο σημείο αυτό θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη τόσο για την εμπιστοσύνη και την ανάθεση του θέματος, όσο και για τη βοήθεια και στήριξη που είχα σε όλη τη διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας αυτής. Ένα μεγάλο ευχαριστώ επίσης στον κ. Τριαντάφυλλο Κακλή για τη καθοδήγηση και βοήθεια που είχα σε οποιοδήποτε πρόβλημα αντιμετώπισα.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω το γεωλόγο της Ε.Υ.Α.Θ. κ. Θωμά Σπάχο, ο οποίος με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε χρήσιμες πληροφορίες και δεδομένα της υπηρεσίας τα οποία ήταν απαραίτητα για την εκτέλεση της εργασίας και τον κ. Χρήστο Μάττα για το χρόνο που μου διέθεσε επίσης κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας, ειδικά στην κατανόηση και χρήση του προγράμματος ArcGis.

1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Από γεωτεκτονική άποψη η λεκάνη της Θεσσαλονίκης ανήκει στη ζώνη του Αξιού, ενώ μέρος του ανατολικού τμήματος στην Περιοδοπική ζώνη (Μουντράκης, 1985). Η ζώνη του Αξιού αποτελείται από τις τρεις εσωτερικές ζώνες Παιονίας, Πάικου και Αλμωπίας. Η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης συνιστά μία ταφρογενή λεκάνη με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ η οποία δημιουργήθηκε την περίοδο του Πλειοκαίνου λόγω του εκτεταμένου εφελκυστικού πεδίου που επικρατούσε στην περιοχή και είχαμε απόθεση μεγάλου πάχους ιζημάτων Πλειοκαίνου Τεταρτογενούς (Μουντράκης, 1990). Στη συνέχεια αναλύονται οι γεωτεκτονικές ζώνες της περιοχής μελέτης και ακολούθως ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής (Χάρτης 1).

1.1.Ζώνη Παιονίας

Η ζώνη Παιονίας με χαρακτηριστική λεπιοειδή τεκτονική αποτελείται κυρίως από οφιόλιθους και ωκεάνια ιζήματα ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού. Αναλυτικότερα περιλαμβάνει τις ακόλουθες γεωλογικές σειρές από τις παλαιότερες προς τις νεότερες:

Ενότητα Βαφειοχωρίου -Αρτζάν

- Σειρά ιζηματογενών και ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών με σιπολίτες, χαλαζίτες, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, μάρμαρα, καθώς επίσης και ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα κυρίως στα κατώτερα στρωματογραφικά της τμήματα.
- Οφιολιθική σειρά με δολερίτες και διαβάσες μέσα στους οποίους έχουν διεισδύσει νεότερα όξινα πλουτώνια σώματα.
- Κλαστική ιζηματογενή σειρά με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, πηλίτες και ψαμμιτοειδείς ασβεστόλιθους (Ανω Ιουρασικού).
- Φλύσχη από κροκαλοπαγή ψαμμίτες και πηλίτες.

Ενότητα Γευγελής

- Ασβεστόλιθοι της Κλεφτόπετρας (Γκόλα – Τσούκα): παχυστρωματώδεις, τεφροί έως τεφρόμαυροι, κρυσταλλικοί, μερικές φορές δολομιτικοί που στα βόρεια τμήματά τους εναλλάσσονται με σχιστόλιθους.
- Ηφαιστειο - ιζηματογενής σειρά Καστανερής: με σερικιτικά πορφυροειδή, τοφίτες και σχιστολίθους, με παρεμβολές ασβεστολιθικών ενστρώσεων.
- Ο σχηματισμός Γρίβας που αποτελείται κυρίως από λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις τεφρούς έως τεφρόλευκους κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, που στα ανώτερα μέλη τους εναλλάσσονται κατά θέσεις με σερικιτικούς σχιστόλιθους μικρού πάχους.

1.2. Ζώνη Πάικου

Αποτελείται από υπόβαθρο μαρμάρων, σχιστολίθων και ηφαιστειακών ηλικίας Τριαδικού – Μ.Ιουρασικού. Οι γεωλογικές σειρές που εντοπίζονται είναι:

- Τη Σειρά Κοκκινόπετρας (Καντάτσι) με εναλλαγές χλωριτικών, σερικιτικών σχιστολίθων, μάρμαρα και σιπολίνες.
- Τον ηφαιστειοϊζηματογενή σχηματισμό Λειβαδίων με χλωριτικούς σχιστόλιθους, μικροκροκαλοπαγή, ψαμμίτες και ηφαιστίτες.

1.3. Ζώνη Αλμωπίας

Η ζώνη αυτή αποτελείται κυρίως από οφιόλιθους και συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας καθώς και ηφαιστιακά πετρώματα. Πιο συγκεκριμένα εμφανίζονται:

- Οφιόλιθοι: δουνίτες, σερπεντινίτες, βασικές λάβες, δολερίτες
- Κροκκαλοπαγή και ασβεστο - αργιλικά ιζήματα
- Ηφαιστειακά: τραχείτες, λατίτες και ανδεσίτες

1.4. Περιοδοπική ζώνη

Η Περιοδοπική Ζώνη χωρίζεται από ανατολικά προς τα δυτικά από τρεις ενότητες:

Ενότητα Ντέβε Κοράν - Δουμπιά

- Σειρά από χαλαζίτες μετα-ψαμμίτες, χαλαζιακούς σχιστόλιθους και μετα-κροκαλοπαγή ηλικίας Πέρμιου
- Μια ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά ηλικίας Πέρμιου - Κατώτερου Τριαδικού
- Σειρά νηριτικών ανθρακικών πετρωμάτων ηλικίας Μέσου Ιουρασικού αποτελούμενη από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους σε εναλλαγές με μάργες και αργίλους.

Ενότητα Μελισσωχωρίου - Χολομώντα

- Σειρά από πελαγικά μάρμαρα και ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους με ενστρώσεις γραφιτικών και σερικιτικών σχιστόλιθων χαλαζιακών και γραφιτικών φυλλιτών
- Σειρά τουρβιδιτικού φλύσχη με ολιγάριθμους ολισθόλιθους Τριαδικών μαρμάρων, η οποία ονομάζεται Φλύσχη της Σβούλας.

Ενότητα Ασπρης Βρύσης – Χορτιάτη

- Σειρά από νηριτικά ιζήματα, ερυθρούς αργιλικούς σχιστόλιθους, μελανούς γραφιτικούς φυλλίτες, μαργαϊκούς και χαλαζιακούς σχιστόλιθους, οφιολιθικά πετρώματα

- Σύμπλεγμα ηφαιστειακών - πλουτωνικών πετρωμάτων όξινης σύστασης το οποίο είναι γνωστό ως Μαγματική Σειρά Χορτιάτη.

1.5. Τριτογενείς σχηματισμοί

Διακρίνονται σε:

- Παλαιογενείς αποθέσεις: από μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, καθώς επίσης και βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους.
- Νεογενείς αποθέσεις: Αποτελούνται από την ψαμμιτομαργαϊκή σειρά και από τα αδρομερή κλαστικά ιζήματα.

1.6. Τεταρτογενείς σχηματισμοί

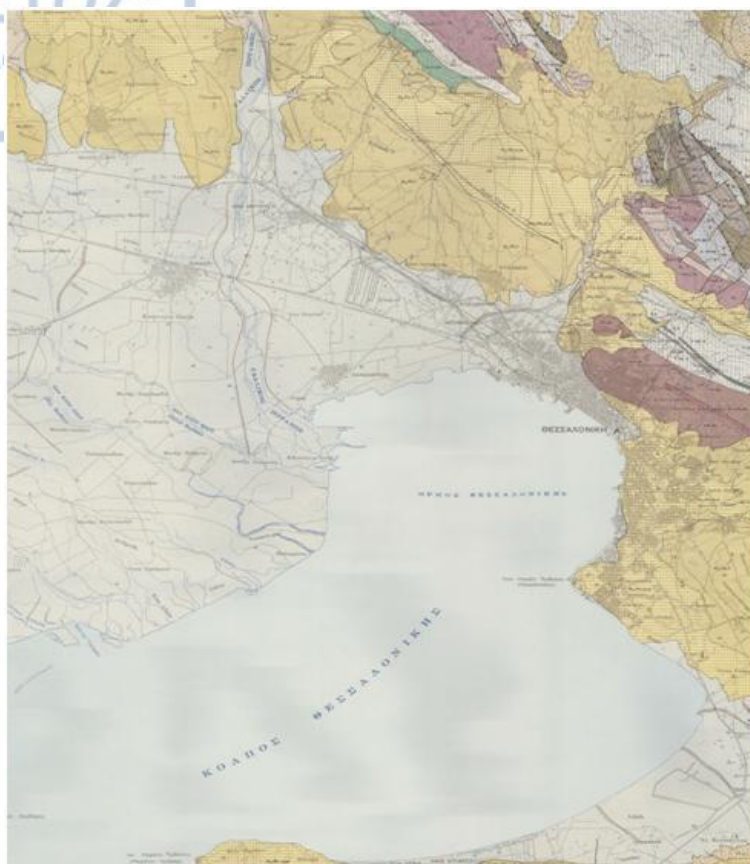
Οι σχηματισμοί αυτοί καλύπτουν κατά κανόνα τα πεδινά τμήματα όλων των επιμέρους λεκανών και παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση. Είναι ιζήματα λιμναίας, χερσαίας, ποτάμιας και ποταμοχειμάρρειας φάσης, που διακρίνονται ανάλογα με την ηλικία τους στις:

- Πλειστοκαινικές αποθέσεις: με ερυθρές αργίλους, αργιλοάμμους, στρώματα άμμων, χαλικιών, καθώς και από λεπτούς πάγκους ψαμμιτών και κροκαλοπαγών. Κατά μήκος της κοίτης των ποταμών, αναπτύσσεται σύστημα αναβαθμίδων από χαλαρά κροκαλοπαγή, αργιλώδεις άμμους και λεπτούς πάγκους χαλαρών ψαμμιτών, οι οποίες κατά θέσεις καλύπτονται από ελλουβιακές αποθέσεις.

- Ολοκαινικές αποθέσεις

Ταξινομούνται σε:

- Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων με ασύνδετα υλικά από χονδρόκοκκες και λεπτόκοκκες άμμους, αμμοχάλικα, αμμοαργίλους, αργίλους.
- Σύγχρονα ιζήματα λιμνών που συνίσταται από άμμους, αμμώδεις αργίλους, αργίλους, ιλύες. Τα ιζήματα αυτά απαντούν στις υπάρχουσες και τις αποξηρανθείσες λίμνες.
- Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα, που εντοπίζονται στις παρυφές των ορεινών όγκων.



Υπόμνημα

	Προσχώσεις κοιλάδων: αμμοχένες άργιλοι
	Ολιγακένες αποθέσεις αβιρέτες: παράκτες αποθέσεις (άμμοι, σύννεμα), προσχώσεις πεδιάδων, ερυθρές άργιλοι με ασβεστικά συγκρίματα. Στη βάση επικρατούν τα κροκαλοπαγή.
	Ρητάρια προσχώσεων: παλιά
	Ψαμμομαργακή σειρά: ψαμμίτες εύθρυπτοι έως πολύ συμπαγείς. Τοπικά μικροκροκαλοπαγή με διαστουρούμενη στρώση. Κατά θέσεις υπάρχουν ορίζοντες από μάργες
	Σειρά ερυθρών άργιλων: ερυθρές έως κεραμόχρωμες, ιλιώδεις άργιλοι με μαρμαρυγία και ασβεστικά συγκρίματα
	Αμμοχένες άργιλοι σχιστόλιθοι: λαδοπράσινοι, λευκόκοκκοι, λεπτοστρωματώδεις ψαμμίτες και βαθυκόκκινοι άργιλοι σχιστόλιθοι με ενστρώσεις από μαύρους λεπτοστρωματώδεις, παχείς ορίζοντες πυρπολίθων και φακούς και στρώματα σερίκιτιμμένου και χλωριτωμένου βολερήτη.
	Ασβεστόλιθοι: μαύροι, μικρικοί, λεπτοστρωματώδεις με ανακρυσταλλωμένα υπολείμματα Τρηματοφόρων
	Ασβεστικός φλώσης: εναλλαγές κλαστικών ή ψαμμιτικών ασβεστολίθων ή καστανόεφρων, σιδηρούχων ασβεστικών ψαμμιτών με κτηνιωτούς ως μαύρους άργιλικούς σχιστόλιθους. Παρεμβάλλονται ολισθόλιθοι από ανοιχτόεφρα, συμπαγή ασβεστόλιθο
	Φυλλίτες: μαύροι με σποραδικές παρεμβολές ψαμμιτικών ασβεστολίθων ή ασβεστικών ψαμμιτών
	Διμαρμαρυγικοί γνεύσις, διμαρμαρυγικοί και μοσχοβίτικοι σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες: Συχνά πηγματωσική τοπική απομεταμόρφωση σε χλωροκούς σχιστόλιθους με υπολείμματα Πλαγιόκλαστων. Συχνές παρεμβατικές κοίτες και φλέβες βολερήτη και γαββρού.
	Φλέβες χαλαζα: πολύ άφθονες που διατέμνουν τα μεταξίματα. Κατά τόπους αποτελούν το 50% των πετρωμάτων
	Γαββρός: αδρόκοκος, τελείως ουραλινωμένος και σιτισυρτωμένος. Λεπτόκοκοι βολερήτες και σιτισυρτωμένοι και λατυποποιημένοι γαββροί
	Λευκοκρατικός αλβιτικός-σερίκιτικός-μικροκλινικός γνεύσις
	Πλαγιόκλαστικός-μικροκλινικός γνεύσις

Χάρτης 1: Γεωλογικός Χάρτης Περιοχής Θεσσαλονίκης, κλίμακας 1:50000 (Ι.Γ.Μ.Ε, 1978).

2. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Οι υδροφορίες αναπτύσσονται κυρίως εντός των Τεταρτογενών σχηματισμών και εντός των καρστικών ανθρακικών σχηματισμών, ενώ μικρότερης σημασίας υδροφορίες αναπτύσσονται σε ρωγματικούς σχηματισμούς (Χάρτης 2).

Με βάση τις μελέτες που έχουν γίνει στο πλαίσιο του έργου « Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (υπόγειων και επιφανειακών) σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας - Θράκης και Θεσσαλίας» του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης (w2.minagric.gr/ardeftika/index.php/el/), καθώς και αυτές που έχουν γίνει στο πλαίσιο σύνταξης του « Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας» της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (wfdver.ypeka.gr) , η υδρογεωλογία της περιοχής έχει ως εξής:

2.1.Σχηματισμοί ορεινής – ημιορεινής ζώνης εκτός ανθρακικών πετρωμάτων

Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται κρυσταλλικά - ρωγματομένα πετρώματα (γενευσιακά, φυλλίτες της σειράς Σβούλας, σχιστόλιθοι, μεταφαιστίτες, γρανίτες και οι οφιόλιθοι). Οι σχηματισμοί αυτοί είναι χωρίς ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον, αφού είναι χαμηλής υδροπερατότητας έως στεγανοί. Ασθενείς υδροφορίες μπορούν να αναπτύσσονται κυρίως σε ζώνες έντονης διάρρηξης και αποσάθρωσης, οι οποίες όμως είναι περιορισμένης δυναμικότητας και τοπικής σημασίας. Εκδηλώσεις της υδροφορίας αυτής είναι το πλήθος των μικροπηγών, που εμφανίζονται σε διάφορα ύψη των κλιτύων ή στις βάσεις τους και οι οποίες αποστραγγίζουν το ασυνεχές και αποσάθρωμένο τμήμα τους. Ο μεγάλος αριθμός των πηγαίων εκδηλώσεων και η διασπορά τους σε διάφορα υψόμετρα είναι χαρακτηριστικό της απουσίας ενιαίας υπόγειας υδροφορίας.

2.2.Σχηματισμοί ανθρακικής σειράς

Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει τα ανθρακικά - καρστικά πετρώματα. Σε αυτά ανήκουν τα ανθρακικά πετρώματα του Πάικου, καθώς και αυτά που συμμετέχουν στους ιζηματογενείς σχηματισμούς της Παιονίας. Η υδροφορία τους εξαρτάται από το βαθμό καρστικοποίησης, από το πάχος τους και από τις παρεμβολές ή όχι άλλων λιγότερο υδροπερατών σχηματισμών (σχιστολίθων). Στη λεκάνη από ανατολικά προς τα δυτικά συναντώνται οι παρακάτω ανθρακικοί σχηματισμοί:

- Ασβεστόλιθοι της Μ. Στέρνας και Βαφειοχωρίου (ΒΑ τμήμα).

Τα ανθρακικά πετρώματα της ενότητας αυτής χαρακτηρίζονται ως μέτριας υδροπερατότητας λόγω της περιορισμένης καρστικής διάβρωσης και της παρεμβολής στεγανών σχηματισμών (φυλλίτες), με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνθήκες χαμηλού βαθμού κατείσδυσης. Οι υδροφορίες που αναπτύσσονται στους σχηματισμούς αυτούς λόγω του εγκλωβισμού των ασβεστολίθων από σχιστολίθους,

είναι μεταξύ τους ανεξάρτητοι, έχουν μικρή έως μέτρια δυναμικότητα και είναι περιορισμένης και τοπικής σημασίας.

- Ανθρακικοί σχηματισμοί Πάικου (ΒΑ τμήματος)

Οι σχηματισμοί αυτοί (από ανατολικά προς τα δυτικά) διακρίνονται σε τρία ανεξάρτητα καρστικά συστήματα:

- Καρστικά συστήματα Γρίβας

Υδροπερατά πετρώματα μικρού πλάτους και πάχους που βρίσκονται εγκλωβισμένα ανάμεσα σε σχηματισμούς μικρής υδροπερατότητας (ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Καστανερής και σχιστολίθους).

- Καρστικό σύστημα Γκόλα – Τσούκα

Ο τεκτονισμός, ο έντονος κατακερματισμός, η έντονη καρστικοποίηση των ανθρακικών πετρωμάτων, καθώς και η εκτιμώμενη υδραυλική επικοινωνία με τη σειρά Καντάτσι συντελούν στην εναποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων υπόγειων νερών, που εκφορτίζονται από πλήθος πηγών πολύ μεγάλων παροχών (πηγές Κάρπης, Καστανερής, Μαντέμου).

- Καρστικό σύστημα Καντάτσι

Αναπτύσσεται στους ασβεστολίθους της ομώνυμης σειράς, οι οποίοι βρίσκονται σε εναλλαγές με σχιστολίθους. Η υδροπερατότητά τους παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση από θέση σε θέση και καθορίζεται από τον τεκτονισμό, το βαθμό καρστικοποίησης και την στρώση των πετρωμάτων. Το καρστικό σύστημα αποστραγγίζει από πλήθος πηγών διαφόρων παροχών, που εκδηλώνονται τόσο ανατολικά όσο και δυτικά.

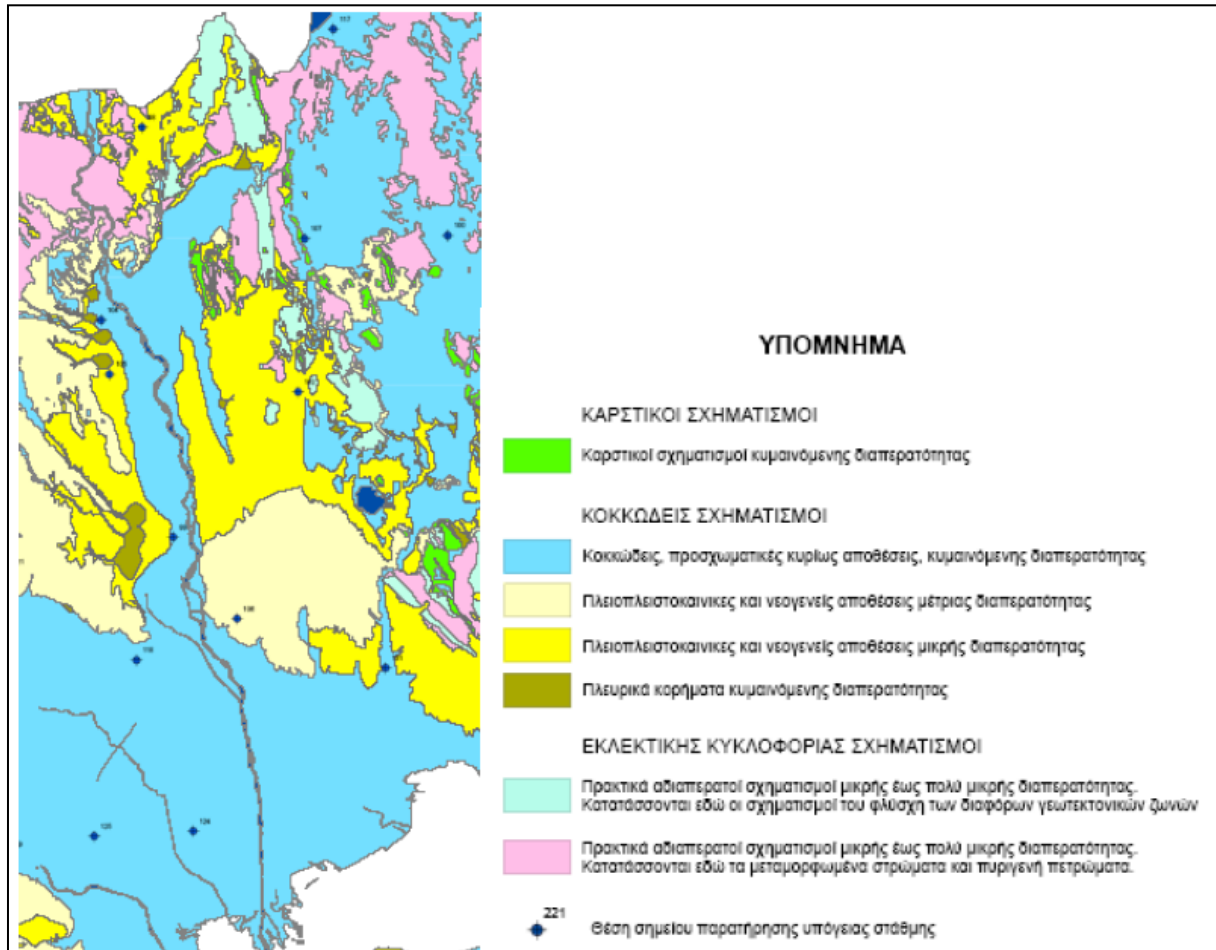
2.3. Σχηματισμοί πεδινής – λοφώδους περιοχής (κοκκώδεις σχηματισμοί)

Στους σχηματισμούς αυτούς ανήκουν τα ιζήματα του **Τριτογενούς** και οι αποθέσεις του **Τεταρτογενούς**.

Τα ιζήματα του **Τριτογενούς** αναπτύσσονται στο νότιο τμήμα της λεκάνης και σε αρκετή έκταση καλύπτονται από αποθέσεις του Τεταρτογενούς. Αυτά συνίστανται από εναλλαγές ημιπερατών (άμμοι, ψαμμίτες) και υδατοστεγών στρωμάτων (άργιλοι, μάργες). Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών χαρακτηρίζεται χαμηλή έως μέτρια και εξαρτάται από το πορώδες των αδρομερών μερών του (ψαμμιτών, άμμων), το πάχος τους, καθώς και την μεταβαλλόμενη παρουσία, οριζόντια και κατακόρυφη των υδατοστεγών μερών τους (άργιλοι, μάργες). Μέσα στους αμμώδεις και ψαμμιτικούς ορίζοντες αναπτύσσεται υδροφορία με τη μορφή επάλληλων, υπό πίεση οριζόντων. Το δυναμικό της υδροφορίας αυτής μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται από το πάχος, το πορώδες των υδροπερατών στρωμάτων, καθώς και την ευκολία τροφοδοσίας τους.

Οι αποθέσεις του **Τεταρτογενούς** (σύγχρονες λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις, καθώς και ποταμοχερσαίες πλειστοκαινικές αποθέσεις και συστήματα αναβαθμίδων) καλύπτουν τα πεδινά τμήματα της λεκάνης και συνίστανται από ιλύες, αργίλους,

ιλυούχες ή αμμούχες αργίλους, άμμους, αμμοχάλικα, χαλίκια, κροκάλες, άλλοτε αναμεμιγμένα σε ποικίλες αναλογίες και άλλοτε σε ευδιάκριτες φακοειδούς μορφής επάλληλες στρώσεις διαφόρου κοκκομετρικής σύστασης. Μέσα στα χονδρόκοκα υλικά τους δημιουργούνται υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες των οποίων η δυναμικότητα εξαρτάται από το πάχος, την κοκκομετρία τους, καθώς και τις συνθήκες τροφοδοσίας τους.



Χάρτης 2: Υδρολιθολογικός χάρτης περιοχής Θεσσαλονίκης (Μελέτες ΥΠΑΑΝ & ΥΠΕΚΑ, Πρόγραμμα αγροτικής Ανάπτυξης της Ελλάδας 2007-2013)

3. ΜΕΘΟΔΟΙ THEIS ΚΑΙ JACOB

Για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων του συντελεστή μεταβιβατικότητας T , αποθηκευτικότητας S και υδραυλικής αγωγιμότητας k στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν η μέθοδος Theis και η μέθοδος Cooper-Jacob (1946). Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται για υδρομαστευτικά έργα όπου οι ροές είναι μη μόνιμες ροές, όταν δηλαδή οι δοκιμές άντλησης δε φθάνουν πάντα σε κατάσταση ισορροπίας, που σημαίνει ότι ο κώνος πτώσης στάθμης συνεχίζει να επεκτείνεται με το χρόνο με αποτέλεσμα να υπάρχει μια μη μόνιμη ή ασταθής ροή.

3.1.Πρότυπο- Μέθοδος Theis (1935)

Ο Theis (1935) για τη μη κατάσταση ισορροπίας, δηλαδή τη μη σταθερή ροή, δημιούργησε ένα τύπο στον οποίο εισάγεται ο παράγοντας χρόνος t και ο συντελεστής εναποθήκευσης S . Οι προϋποθέσεις που εισάγει ο Theis για την εφαρμογή του προτύπου του είναι οι εξής (Σούλιος 1986):

- Υδροφόρο στρώμα υπό πίεση
- Υδροφόρο ομογενές και ισότροπο
- Ο αρχικός υδροφόρος ορίζοντας είναι σε ηρεμία
- Το αδιαπέρατο υπόβαθρο είναι οριζόντιο
- Το υδροφόρο στρώμα δεν επανατροφοδοτείται κατά την άντληση
- το υδρομαστευτικό έργο είναι πλήρες, δηλαδή φθάνει μέχρι το υπόβαθρο και είναι μικρής διαμέτρου
- Το υπόγειο νερό αντιδρά ακαριαία στις μεταβολές του υδραυλικού φορτίου στη γεώτρηση

Ο τύπος του Theis (1935) όπως αποδεικνύεται (Σούλιος, 1986) είναι ο παρακάτω:

$$\delta = \frac{q}{4\pi T} W(u)$$

Για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων χρησιμοποιούνται οι κάτωθι τύποι:

$$T = \frac{Q}{4\pi \delta} W(u) \quad \text{και} \quad S = \frac{4uTt}{x^2}$$

Τέλος, ο συντελεστής εναποθήκευσης S , η υδραυλική αγωγιμότητα T και ο συντελεστής περατότητας k μπορούν να υπολογιστούν και από τη σχέση :

$$T = kD$$

Όπου D το πάχος του υδροφόρου στρώματος.

3.2. Πρότυπο- Μέθοδος Jacob

Το πρότυπο του Jacob (1940), στηρίζεται στο πρότυπο Theis (1935). Ο Jacob (1940) δέχεται όλες τις προτάσεις του Theis και συγκεκριμένα (Σούλιος, 1986):

- Υδροφόρο στρώμα υπο πίεση
- Υδροφόρο στρώμα ομογενές και ισότροπο
- Απεριόριστη έκταση υδροφόρου στρώματος και σταθερού πάχους
- Ο υδροφόρος ορίζοντας αρχικά βρίσκεται σε ηρεμία και το υπόβαθρο είναι οριζόντιο
- Το υδροφόρο στρώμα δεν επανατροφοδοτείται κατά την άντληση
- Υδρομαστευτικό έργο πλήρες και με μικρή διάμετρο
- Το υπόγειο νερό αντιδρά ακαριαία στις μεταβολές του υδραυλικού φορτίου κατά τη γεώτρηση

Το πρότυπο του Jacob στηρίζεται στο τύπο του Theis:

$$\delta = \frac{q}{4\pi T} W(u)$$

Όπου το $W(u)$ είναι μια συνάρτηση όπου συνδέεται ο παράγοντας u , ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$u = \frac{x^2 S}{4rT}$$

Για να ικανοποιείται ο παραπάνω περιορισμός και να ισχύει το πρότυπο του Jacob πρέπει ο χρόνος άντλησης να είναι πολύ μεγάλος ή η απόσταση x στην οποία γίνονται οι μετρήσεις στάθμης να είναι πολύ μικρή.

Χρησιμοποιώντας όλα τα παραπάνω, ο Jacob (1940) κατέληξε στον εξής τύπο:

$$\delta = \frac{0,183q}{T} \log \frac{2,25Tt}{x^2 S}$$

Όπου:

- δ η πτώση στάθμης σε μέτρα (m)
- q η παροχή κατά την εκτέλεση της άντλησης σε (m^2/sec)
- T ο συντελεστής μεταβιβατικότητας σε (m^2/sec), ο οποίος εκφράζει την ικανότητα ενός υδροφόρου στρώματος να διοχετεύει νερό.
- t είναι ο χρόνος άντλησης σε (sec)
- x είναι η απόσταση στην οποία πραγματοποιούνται οι μετρήσεις σε (m)

-S είναι ο συντελεστής εναποθήκευσης

Η μεταβιβαστικότητα (T) εκφράζει τον όγκο νερού που περνά από μια μοναδιαία διατομή του υδροφόρου στρώματος με υδραυλική κλίση ίση με τη μονάδα και την επικράτηση του κινηματικού ιξώδους.

Ο συντελεστής εναποθήκευσης ή απθηκευτικότητας ή υδροχωρητικότητας (S) είναι ο όγκος νερού που μπορεί να ληφθεί ή αποθηκευθεί από ένα κατακόρυφο πρίσμα ενός υδροφόρου στρώματος με μοναδιαία επιφάνεια ανά μονάδα μεταβολής του φορτίου.

Για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων (T, k, S) με το παραπάνω τύπο, εφαρμόζονται τρεις μέθοδοι οι οποίοι φαίνονται στο παρακάτω Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Μέθοδοι επίλυσης Jacob (Βουδούρης, 2011)

α/α	Διάγραμμα	Συντελεστής T	Συντελεστής S	
1	$\delta - \log t$	$T = \frac{0,183Q}{\Delta\delta}$	$S = \frac{2,25Tt_0}{x^2}$	t_0 είναι η τομή με τον άξονα $\delta=0$
2	$\delta - \log(t/x^2)$	$T = \frac{0,183Q}{\Delta\delta}$	$S = 2,25T \left(\frac{t}{x^2} \right)_0$	$(t/x^2)_0$ είναι η τομή με τον άξονα $\delta=0$
3	$\delta - \log x$	$T = \frac{0,366Q}{\Delta\delta}$	$S = \frac{2,25Tt}{R^2}$	R είναι η τομή με τον άξονα $\delta=0$

Η πρώτη μέθοδος απαιτεί μεγάλο χρόνο άντλησης και γενικά δίνει τα περισσότερα αξιόπιστα αποτελέσματα, όσο μεγαλύτερος είναι και ο χρόνος άντλησης t.

Η δεύτερη μέθοδος εφαρμόζεται με ένα πιεζόμετρο και δε διαφέρει καθόλου από τη προηγούμενη. Σε περίπτωση που υπάρχουν περισσότερα από ένα πιεζόμετρα λαμβάνεται μια μέση τιμή των αποτελεσμάτων η οποία είναι και πιο αξιόπιστη.

Τέλος, η τρίτη μέθοδος απαιτεί μεγάλο αριθμό πιεζομέτρων, επειδή το διάγραμμα που κατασκευάζεται είναι σε συνάρτηση με την απόσταση των πιεζομέτρων από τη γεώτρηση.

3.3. Μέθοδος επαναφοράς στάθμης

Η θεωρία για τη μέθοδο επαναφοράς της στάθμης βασίζεται στις μελέτες των Theis και Cooper-Jacob. Με βάση αυτή τη μέθοδο, ο υπολογισμός των υδραυλικών παραμέτρων μπορεί να γίνει από την ανάλυση του υδρογραφήματος της επαναφοράς στάθμης, μετά τη διακοπή της άντλησης στην αντλούμενη γεώτρηση. Στους υπο πίεση υδροφορείς όταν διακόπτεται η άντληση, η στάθμη του υπόγειου νερού αρχίζει να ανέρχεται τείνοντας προοδευτικά να επανέλθει στην αρχική της θέση, στο επίπεδο

δηλαδή που ήταν πριν την έναρξη της άντλησης. Η διαφορά της αρχικής στάθμης (πριν την άντληση) και της μετρούμενης στάθμης σε μια χρονική στιγμή μετά τη διακοπή της άντλησης ονομάζεται υπολειπόμενη πτώση στάθμης. Η μεταβολή αυτή της υπολειπόμενης πτώσης στάθμης σε σχέση με το χρόνο δίνει χρήσιμα συμπεράσματα για την υδραυλική συμπεριφορά ενός υδροφορέα.

Η εφαρμογή της γίνεται ακολουθώντας τα εξής βήματα (Κ. Βουδούρης, 2014):

-Κατασκευάζεται το διάγραμμα $\delta' = \log(t/t')$. Το διάγραμμα αυτό παριστάνει μια ευθεία, που θεωρητικά περνά από το σημείο (1,0).

-Υπολογίζεται η κλίση της ευθείας του διαγράμματος, που ουσιαστικά είναι η μεταβολή της υπολειπόμενης πτώσης στάθμης ($\Delta\delta'$) σε ένα λογαριθμικό κύκλο.

-Από τη παρακάτω σχέση υπολογίζεται ο συντελεστής μεταβιβασιμότητας (T):

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta\delta'}$$

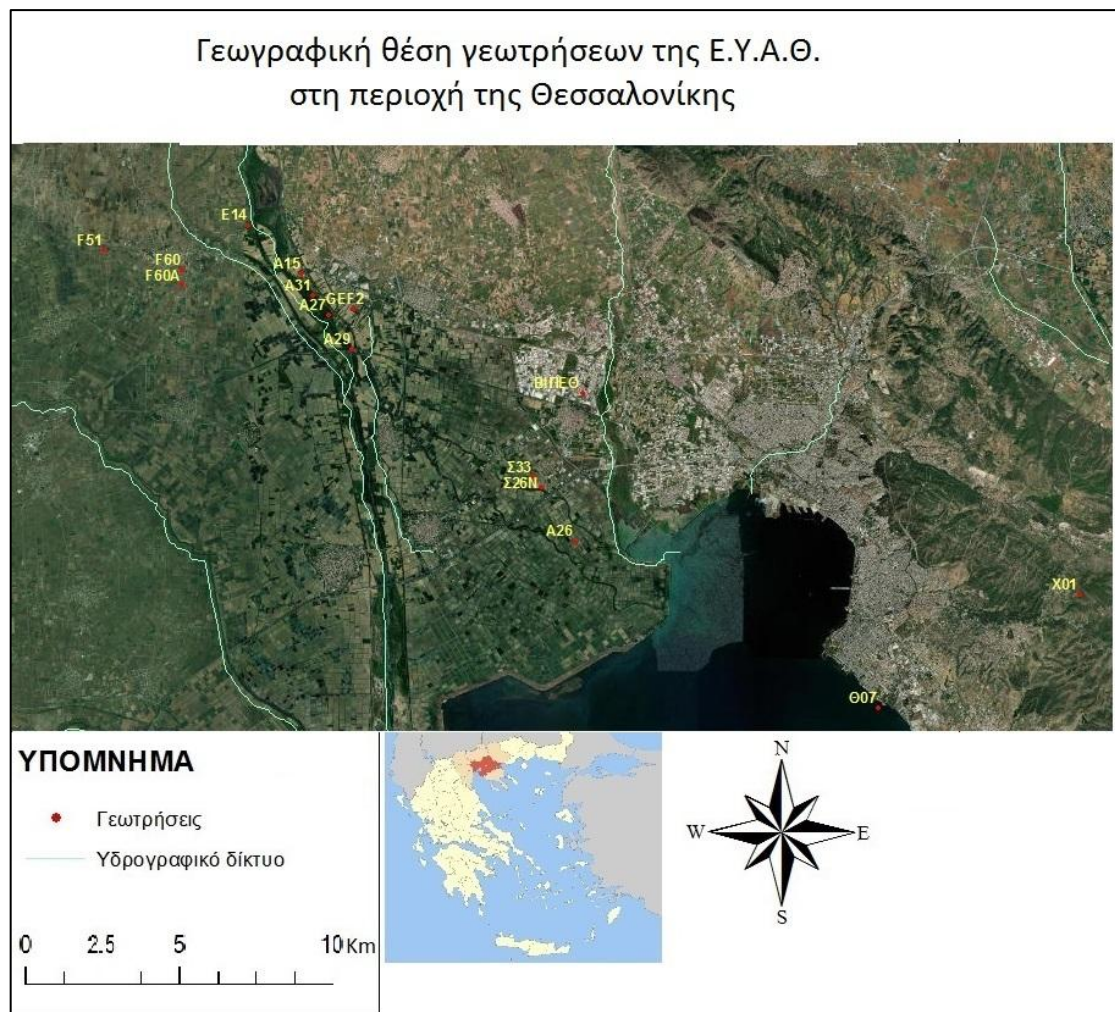
Οι αρχικές μετρήσεις, δηλαδή οι μεγάλες τιμές του λόγου (t/t'), δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, γιατί δεν ισχύει το πρότυπο Jacob. η μέθοδος αυτή δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του συντελεστή αποθηκευτικότητας (S).

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση και των δύο μεθόδων για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιείται ο μέσος όρος τους ώστε να είναι πιο αξιόπιστα τα συμπεράσματα.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ-ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Για την υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκαν τα αντλητικά δεδομένα από δοκιμαστικές αντλήσεις σε 15 γεωτρήσεις ΕΥΑΘ, η θέση των οποίων φαίνεται στον παρακάτω χάρτη.

Αναλυτικά η γεωλογική τομή και η επεξεργασία των αντλητικών δεδομένων από κάθε γεώτρηση παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Χάρτης 4.1: Θέση των γεωτρήσεων της ΕΥΑΘ στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης.

Γεωλογική τομή της Γεώτρησης A15

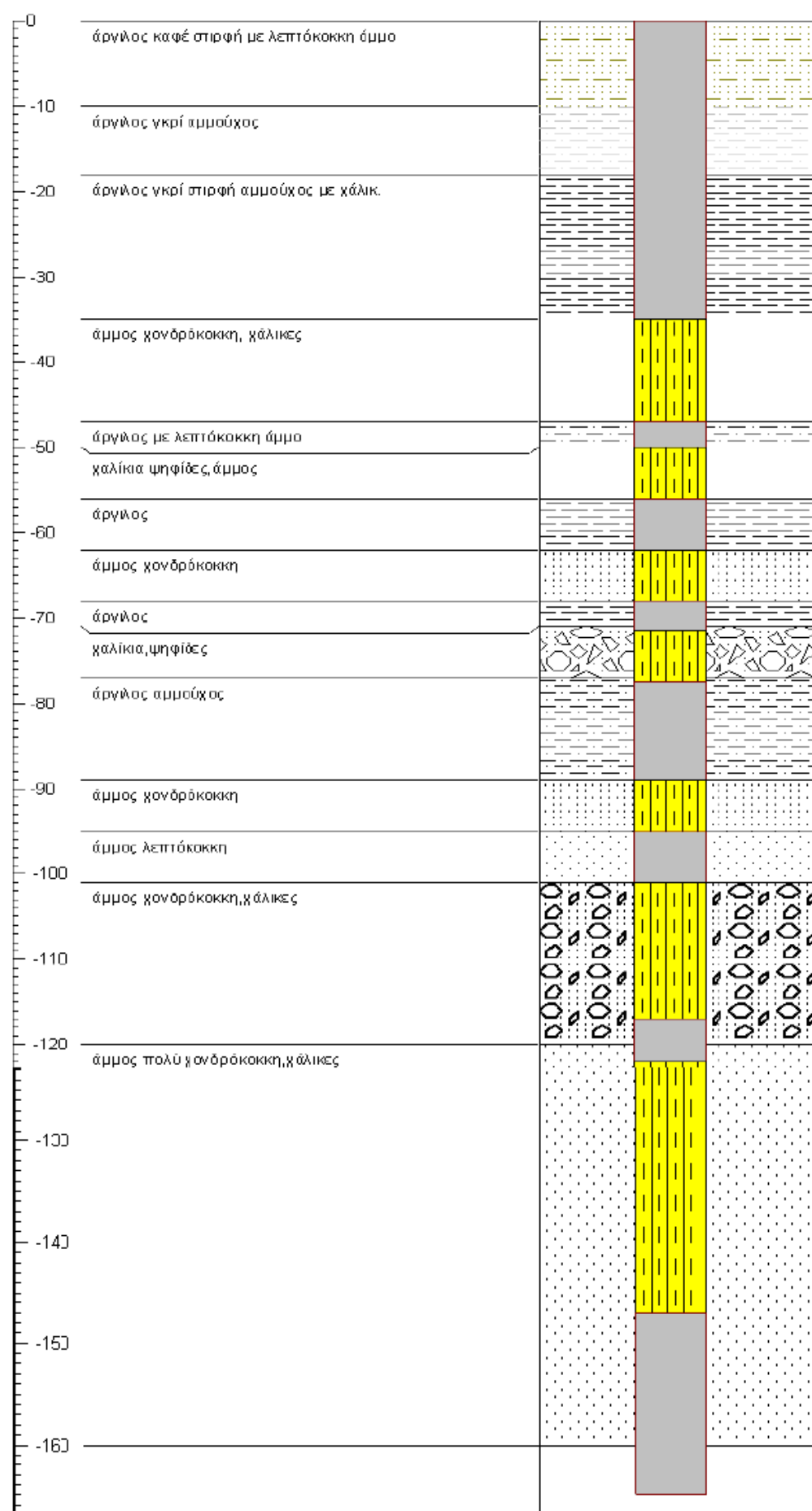
Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 165 m και το βάθος σωλήνωσης μέχρι επίσης μέχρι τα 165 m. Από τη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης, που δίνεται στο Σχήμα 1, παρατηρούμε ότι έχουμε ποταμοχειμνάρια και χέρσο περιβάλλον.

Έτσι, στα πρώτα μέτρα εμφανίζονται εναλλαγές άμμων με αργίλους, χαλίκια με άμμους και αργίλους οι οποίες συνεχίζονται μέχρι το βάθος των 100 m. Στα 100 m έχουμε την πιο έντονη την εμφάνιση χονδρόκοκκης άμμου και χάλικων. Οι εναλλαγές αυτές έχουν μεγάλο πάχος και είναι υδροπερατοί, άρα προδιαθέτουν υψηλή υδροφορία σε όλο το βάθος της γεώτρησης.

- **24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=250 \text{ m}^3/\text{h}$)**

Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 13,70 m. Κατά την έναρξη της άντλησης πραγματοποιούνται μετρήσεις της στάθμης, αρχικά σε πυκνά χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια σε πιο αραιά όπως φαίνεται στο Πίνακα I (Παράρτημα).

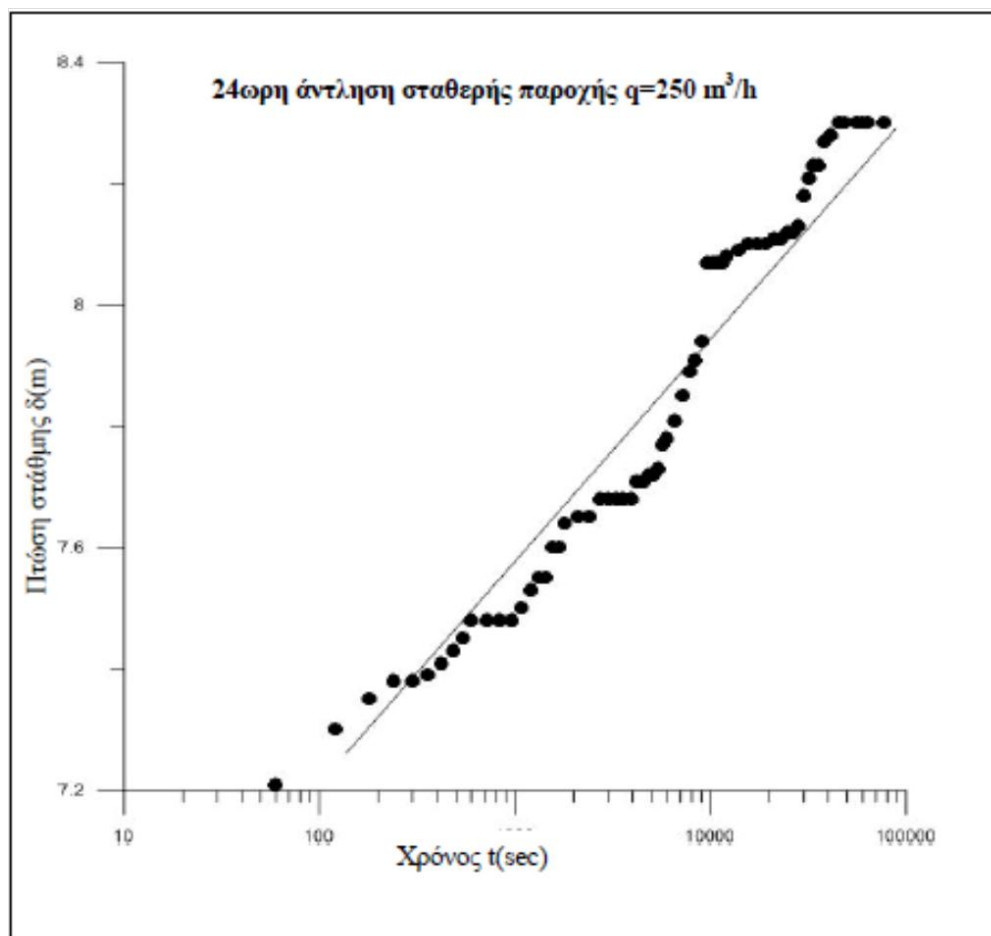
Γεώτρηση A15



Σχήμα 1: Γεωλογική τομή γεώτρησης A15 (Ε.Υ.Α.Θ.)

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

Από τα υπάρχοντα δεδομένα από τη διαδικασία της άντλησης Πίνακας Ι (Παράρτημα) και της επαναφοράς στάθμης, μπορούν να υπολογιστούν με τη μέθοδο του Jacob οι υδραυλικές παράμετροι των υδροφόρων στρωμάτων. Έτσι, για κάθε γεώτρηση ξεχωριστά κατασκευάζεται ένα διάγραμμα σε ημιλογαριθμικό χαρτί, όπου παρουσιάζεται η πτώση της στάθμης σε συνάρτηση με το χρόνο και ένα για την επαναφορά στάθμης όπου φαίνεται η υπολειπόμενη στάθμη σε συνάρτηση με το λόγο t/t' (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Διάγραμμα Πτώσης στάθμης $\delta(m)$ - Χρόνου $t(sec)$

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο, από τα διαγράμματα αυτά μπορούν να υπολογιστούν οι υδραυλικοί παράμετροι με τη χρήση τύπων.

Έτσι λοιπόν, για τη γεώτρηση A15 βρέθηκαν κατά την άντληση και επαναφορά αντιστίχα τα παρακάτω:

-Πτώση στάθμης:

$$T=1,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$$

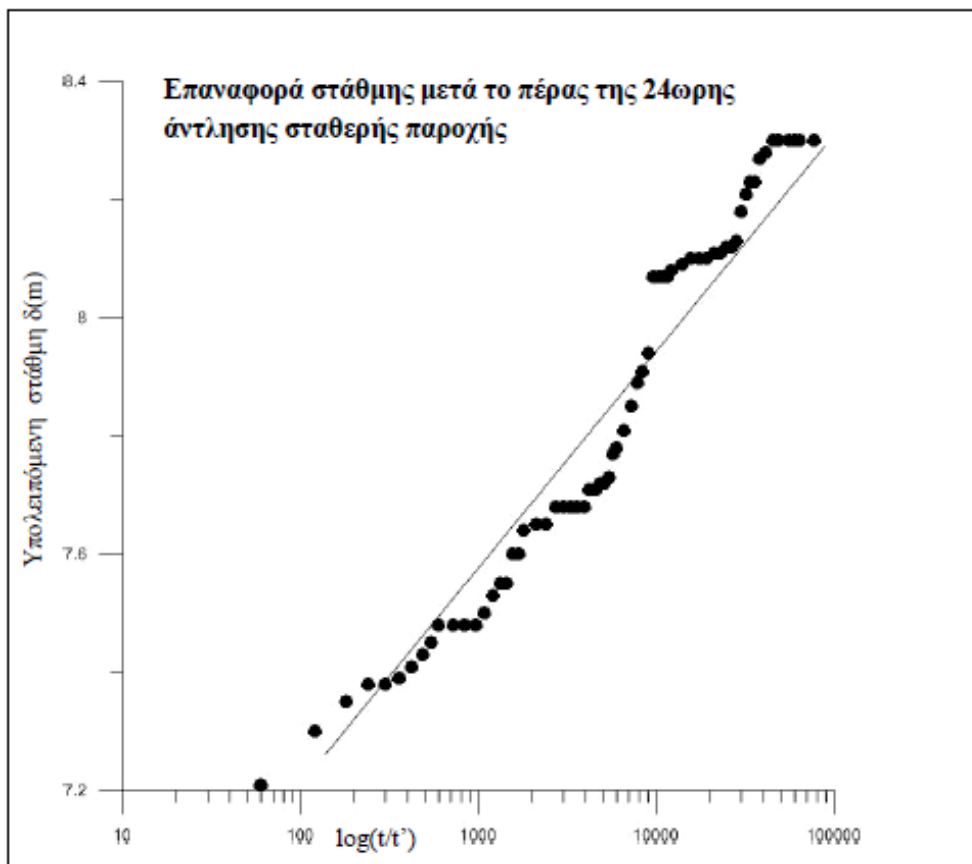
$$k=5 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

$$S=8,03 \cdot 10^{-3}$$

-Επαναφορά στάθμης:

$$T=7.79 \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$k=1,02 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

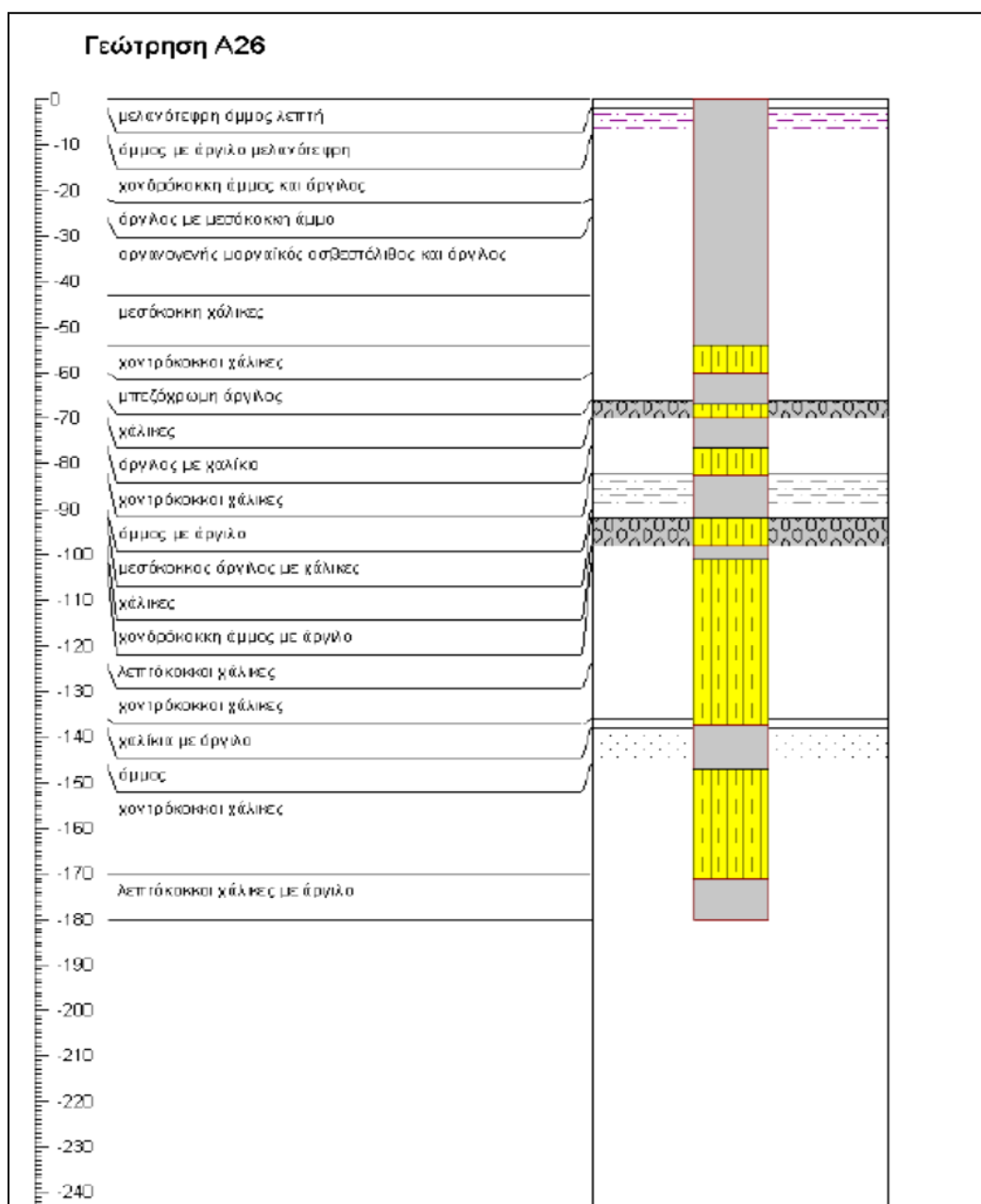


Σχήμα 3: Διάγραμμα υπολειπόμενης πτώσης στάθμης δ - $\log(t/t')$

4.2.Γεώτρηση Α26-Αξιός

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 180 m και το βάθος σωλήνωσης μέχρι επίσης μέχρι τα 180m. Από τη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης, που δίνεται στο Σχήμα 4, παρατηρούμε τη μετάβαση από ποταμοχειμάρια -χερσαία φάση σε λιμναία-λιμνοθαλάσσια φάση.

Στα πρώτα μέτρα εμφανίζονται εναλλαγές άμμων με αργίλους, χαλίκια με άμμους και αργίλους οι οποίες συνεχίζονται μέχρι το βάθος των 180m. Στα 35m εμφανίζεται μαργαϊκός ασβεστόλιθος ο οποίος υποδηλώνει το όριο του Νεογενούς-Πλειοκαίνου. Από το βάθος των 50 m και έπειτα έχουμε πιο έντονη την εμφάνιση χονδρόκοκκης άμμου και χάλικων σε εναλλαγές με αργίλους. Οι εναλλαγές αυτές έχουν μεγάλο πάχος και είναι υδροπερατοί, άρα προδιαθέτουν υψηλή υδροφορία σε όλο το βάθος της γεώτρησης.

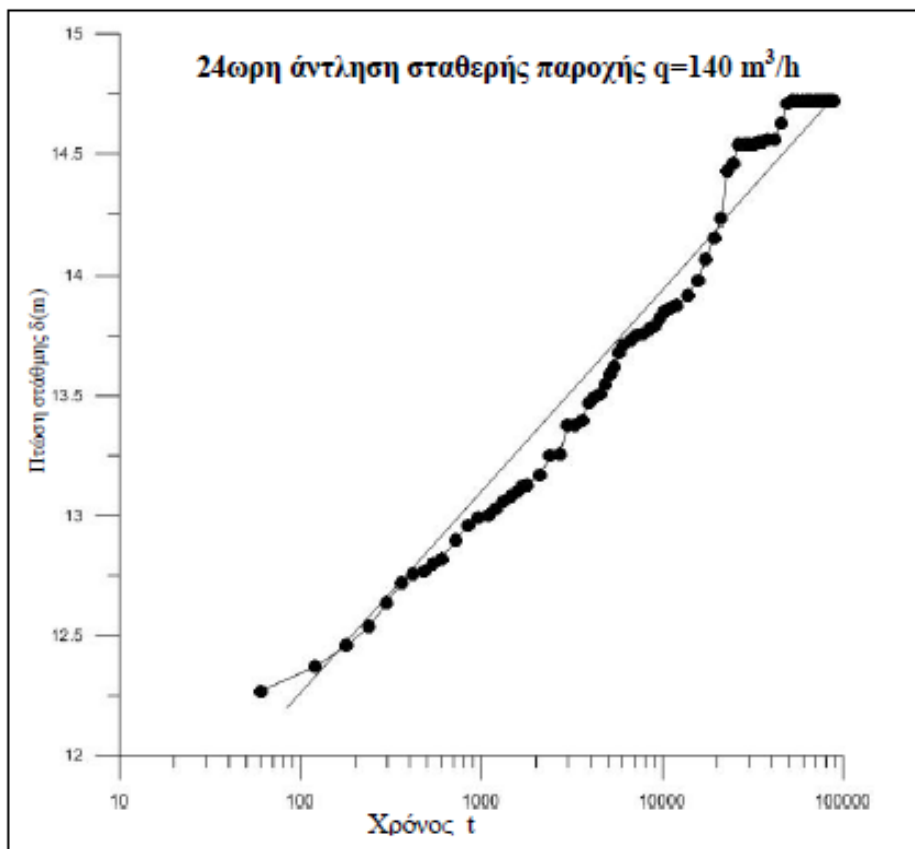


Σχήμα 4: Γεωλογική τομή γεώτρησης A26 (Ε.Υ.Α.Θ.)

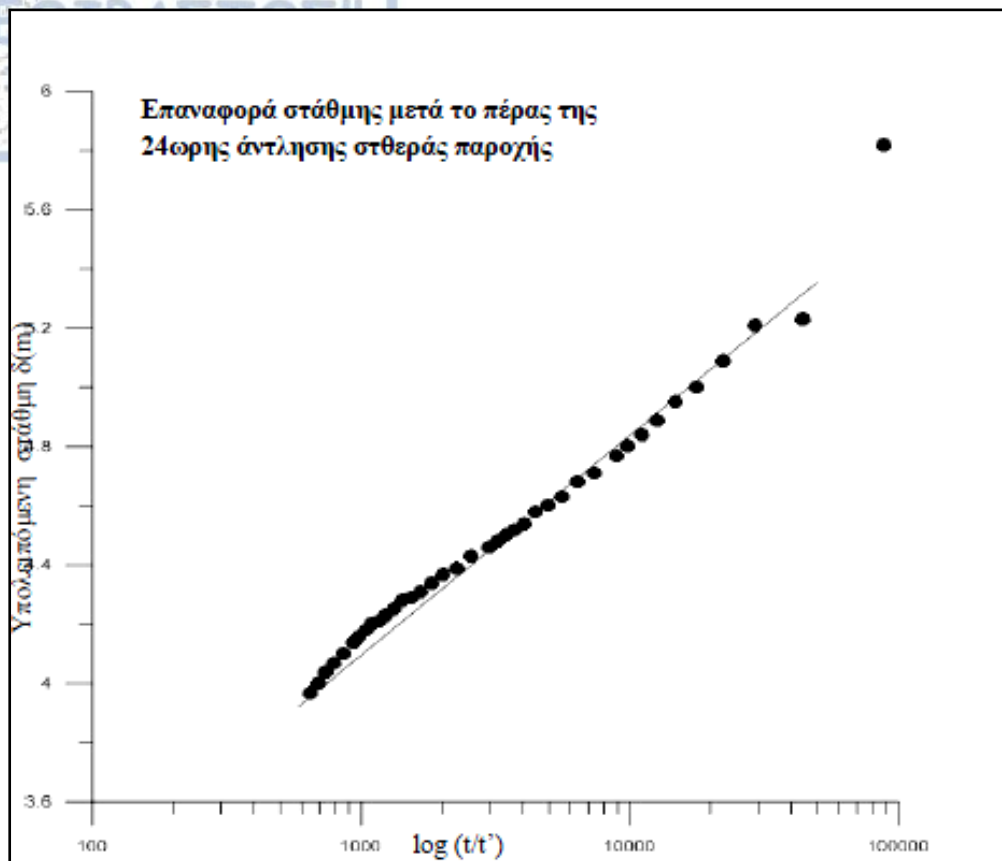
- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=140\text{m}^3/\text{h}$)

Κατά την έναρξη της άντλησης πραγματοποιούνται μετρήσεις της στάθμης, αρχικά σε πυκνά χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια σε πιο αραιά όπως φαίνεται στο Πίνακα II (Παράρτημα). Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 35,7 m.

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων



Σχήμα 5: Διάγραμμα πτώσης στάθμης $\delta(\text{m})$ –Χρόνου $t(\text{sec})$



Σχήμα 6: Διάγραμμα Υπολειπόμενης στάθμης $\delta(m)$ – $\log (t/t')$

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα και χρησιμοποιώντας την πρώτη μέθοδο του Jacob, καθώς και τη μέθοδο της επαναφοράς της στάθμης υπολογίζονται τα υδραυλικά χαρακτηριστικά.

-Πτώση στάθμης:

$$T = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$$

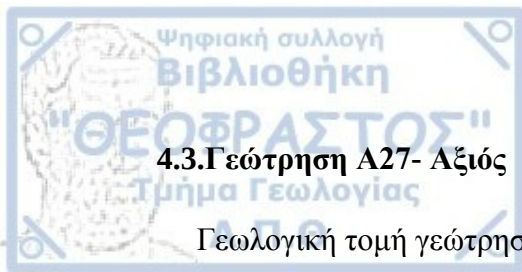
$$k = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

$$S = 4,15 \cdot 10^{-2}$$

-Επαναφορά στάθμης:

$$T = 1,08 \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$k = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

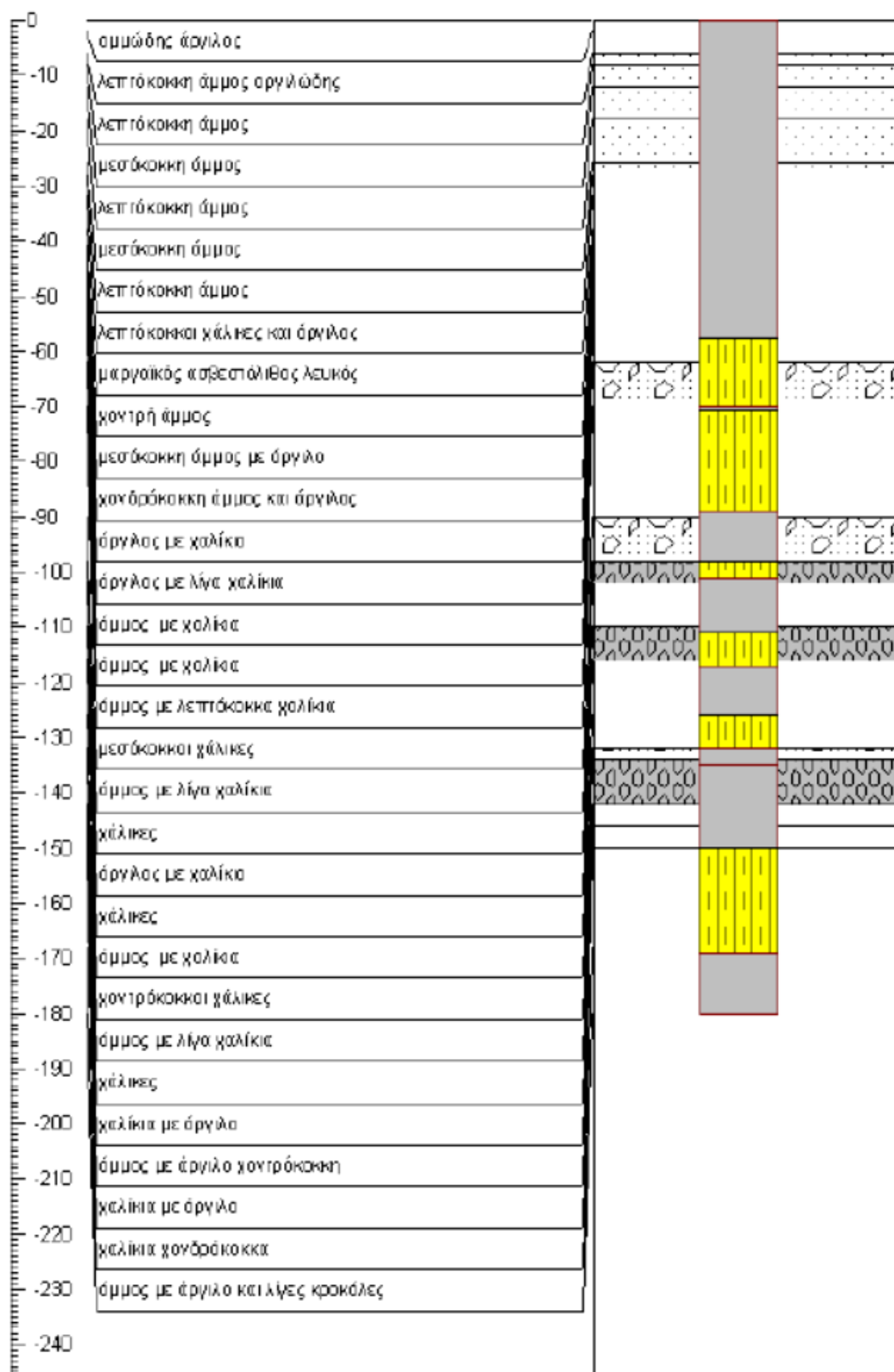


4.3.Γεώτρηση A27- Αξιός

Γεωλογική τομή γεώτρησης A27

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 230 m και το βάθος σωλήνωσης μέχρι επίσης μέχρι τα 180m. Στα πρώτα μέτρα εμφανίζονται εναλλαγές άμμων με αργίλους , χαλίκια με άμμους και αργίλους οι οποίες συνεχίζονται μέχρι το βάθος των 230m. Όπως φαίνεται στη γεωλογική τομή (Σχήμα 7), μέχρι το βάθος των 65 m δε συναντώνται ιδιαίτερα περατοί σχηματισμοί. Πιο συγκεκριμένα, μέχρι τα 50 m εμφανίζεται άμμος με διαβαθμίσεις λεπτόκοκκης και μεσόκοκκης άμμου με την εμφάνιση χαλικιών στα 60m. Στα 65m εμφανίζεται μαργαϊκός ασβεστόλιθος ο οποίος υποδηλώνει το όριο του Νεογενούς-Πλειοκαίνου και είναι ένας σχηματισμός από τον οποίο αναμένεται υψηλή παροχή νερού. Στη συνέχεια το μέγεθος των υλικών εναλλάσσεται από λεπτόκοκκο σε χονδρόκοκκο μέχρι το βάθος των 180 m με την εμφάνιση στρωμάτων αργίλων με χαλίκια τα οποία δεν επηρεάζουν την υδροφορία διότι έχουν μικρό πάχος.

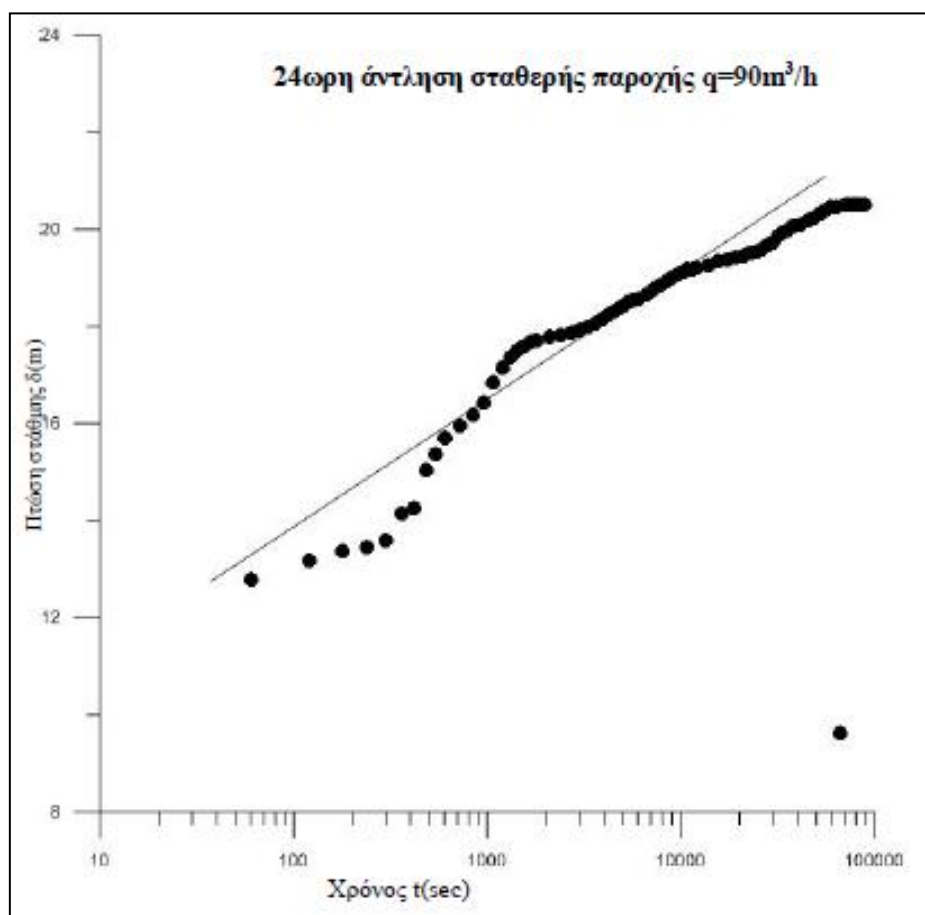
Γεώτρηση A27



Σχήμα 7: Γεωλογική τομή γεώτρησης A27 (Ε.Υ.Α.Θ.)

- **24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=90\text{m}^3/\text{h}$)**

Κατά την έναρξη της άντλησης πραγματοποιούνται μετρήσεις της στάθμης, αρχικά σε πυκνά χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια σε πιο αραιά όπως φαίνεται στο Πίνακα III (Παράρτημα). Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 40,80 m.



Σχήμα 8: Διάγραμμα πτώσης στάθμης $\delta(\text{m})$ –Χρόνου $t(\text{sec})$

Από το διάγραμμα του σχήματος με τη χρήση της μεθόδου του Jacob, οι υδραυλικοί παράμετροι υπολογίστηκαν ως εξής:

-Πτώση στάθμης:

$$T=3,05 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$$

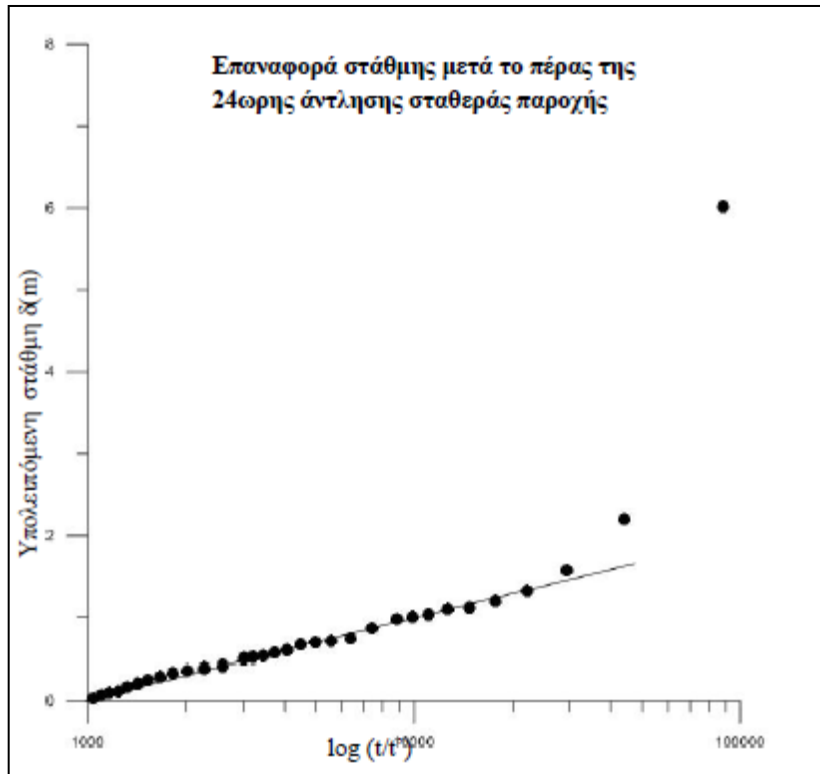
$$k=4,34 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

$$S=1,6 \cdot 10^{-4}$$

-Επαναφορά στάθμης:

$$T = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$k = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

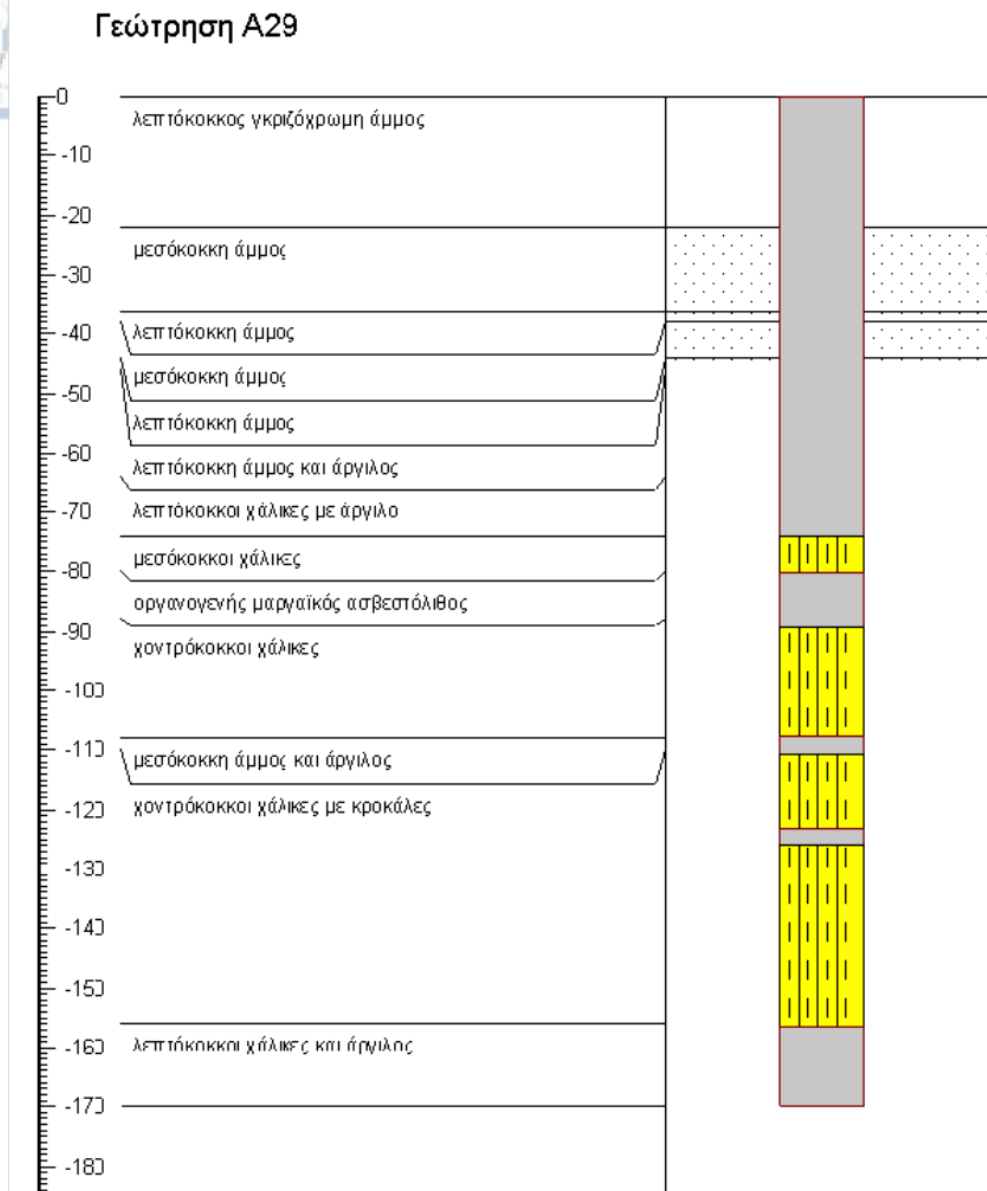


Σχήμα 9: Διάγραμμα Υπολειπόμενης στάθμης $\delta(\text{m})$ – $\log(t/t')$

4.4.Γεώτρηση A29

Γεωλογική τομή γεώτρησης A29

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 170 m και το βάθος σωλήνωσης μέχρι επίσης μέχρι τα 170m. Στα πρώτα 60 m όπως φαίνεται στο Σχήμα 10 εμφανίζονται λεπτόκοκκη και μεσόκοκκη άμμος. Στη συνέχεια μέχρι το βάθος των 80 m έχουμε εναλλαγές άμμων-αργίλων και αργίλων με χαλίκια και την εμφάνιση μετά από αυτά ενός στρώματος πάχους 10 m μαργαϊκού ασβεστόλιθου, ο οποίος όπως έχει αναφερθεί φέρει υψηλή υδροφορία. Οι εναλλαγές άμμων –αργίλων– χαλικιών συνεχίζονται μέχρι τα 170 m με τη εμφάνιση χονδρόκοκκων χαλικιών σε σχηματισμούς με μεγάλο πάχος, οι οποίοι υποδηλώνουν και την υδροφορία στη γεώτρηση.



Σχήμα 10: Γεωλογική τομή γεώτρησης A29 (Ε.Υ.Α.Θ.)

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=120\text{m}^3/\text{h}$)

Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 12,43 m.

Έτσι λοιπόν για τη **πτώση στάθμης**:

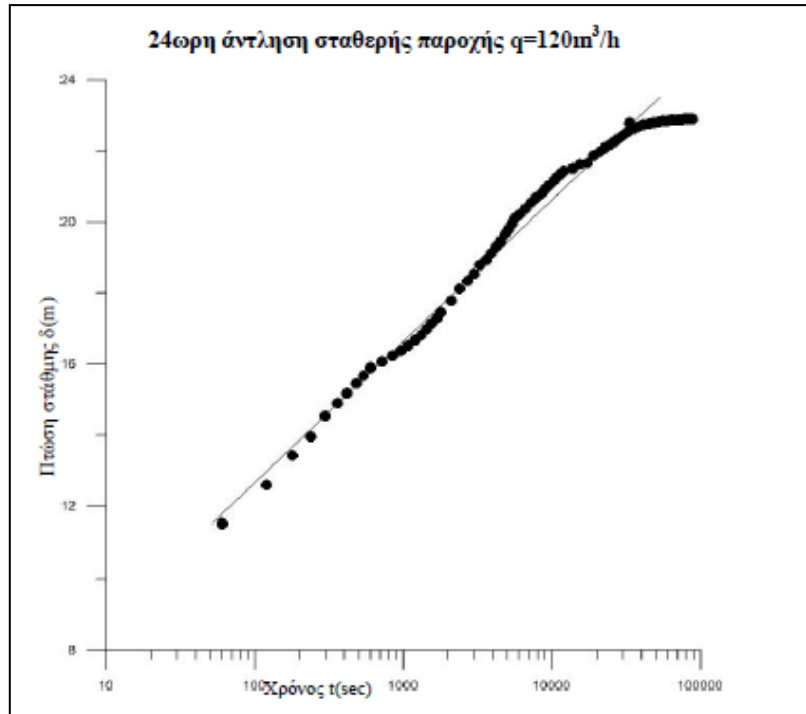
$$T = 8,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$k = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

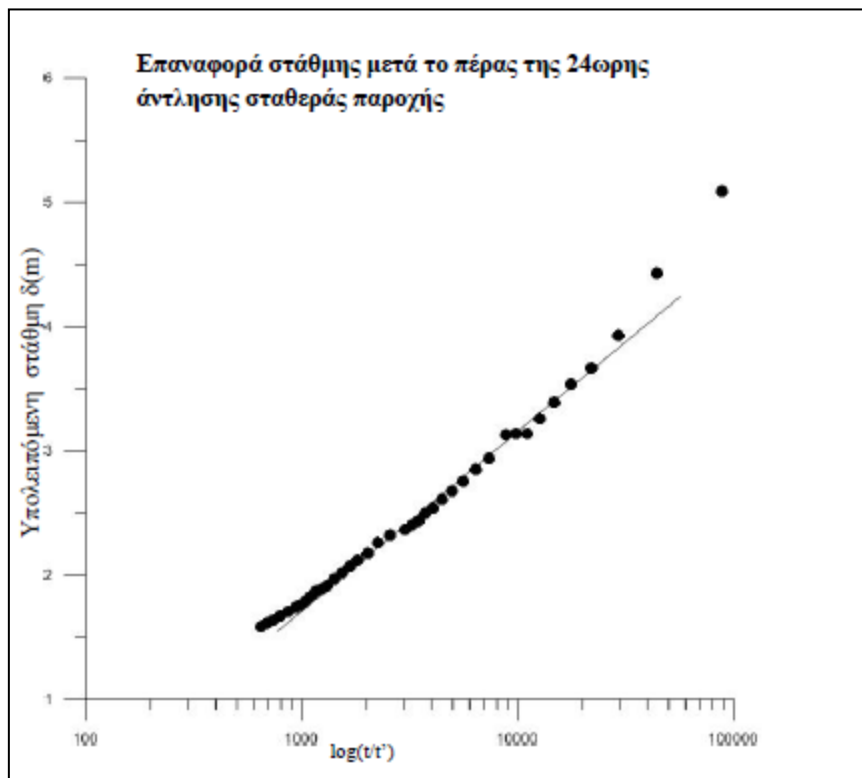
$$S=5,36 \cdot 10^{-5}$$

Για την επαναφορά της στάθμης:

$$T=5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec} \text{ και } k=7,57 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$



Σχήμα 11: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου $t(\text{sec})$



Σχήμα 12: Διάγραμμα Υπολειπόμενης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - $\log(t/t')$

4.5. Γεώτρηση Α31-Αξιός

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

Για τη γεώτρηση αυτή δεν υπάρχει γεωλογική τομή για να εξεταστεί η λιθολογία και αντίστοιχα η υπάρχουσα υδροφορία. Έχοντας τα υπάρχοντα στοιχεία από τις αντλήσεις που έχουν γίνει υπολογίζονται οι υδραυλικές παράμετροι T , k και S με τη χρήση της μεθόδου του Jacob όπως έχει αναφερθεί παραπάνω.

- **24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=80\text{m}^3/\text{h}$)**

Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 31,65 m. Τα στοιχεία της άντλησης φαίνονται στο Πίνακα XIV (Παράρτημα). Από τα Σχήματα 13 και 14 έχουμε:

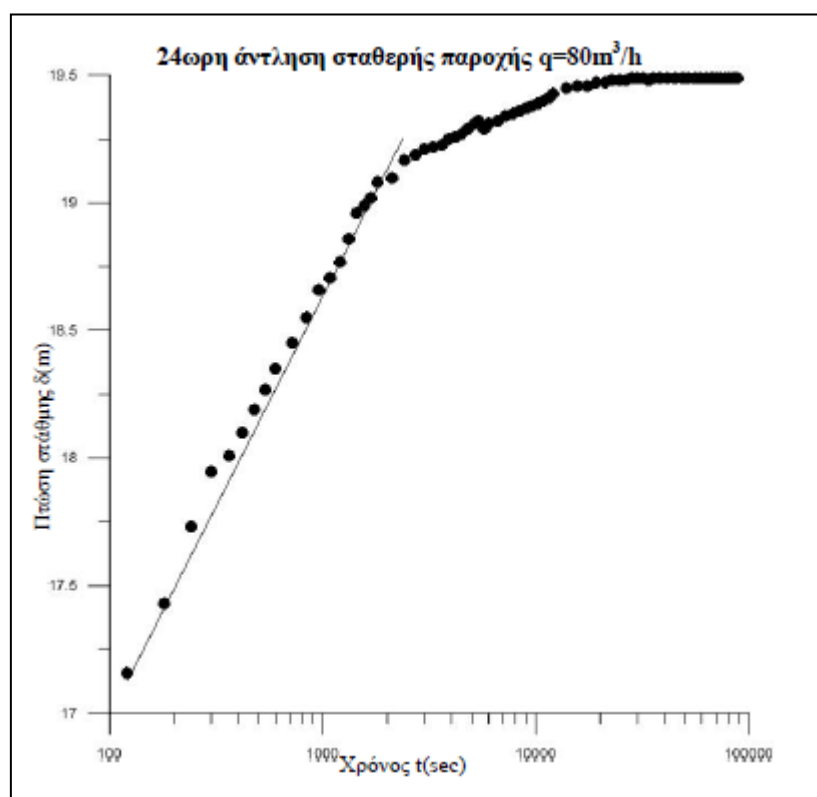
-Πτώση στάθμης: $T=1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$

$$k=2,71 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

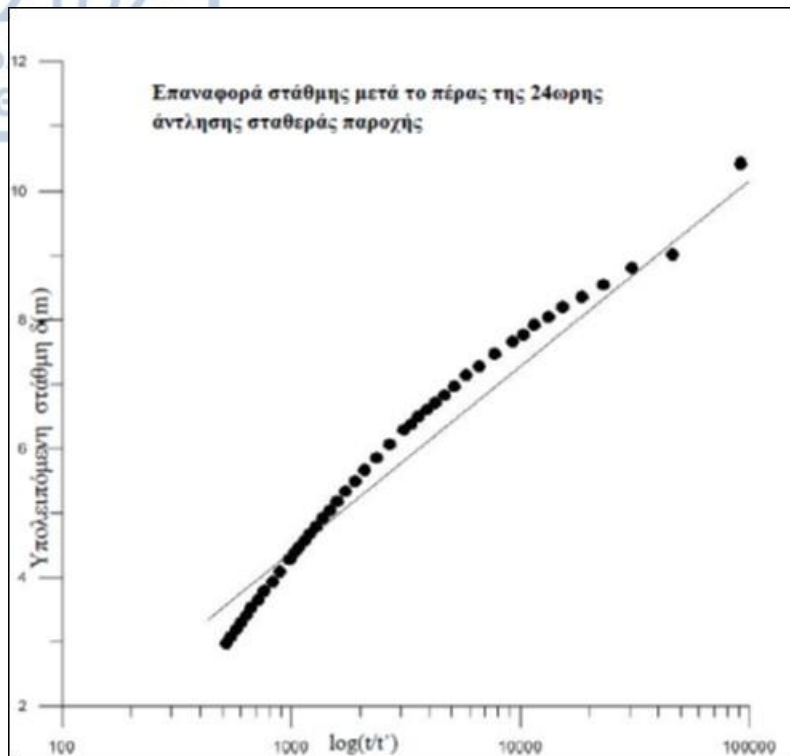
$$S=1,04 \cdot 10^{-4}$$

Για την επαναφορά της στάθμης: $T=4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$

$$k=7,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$



Σχήμα 13: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου $t(\text{sec})$



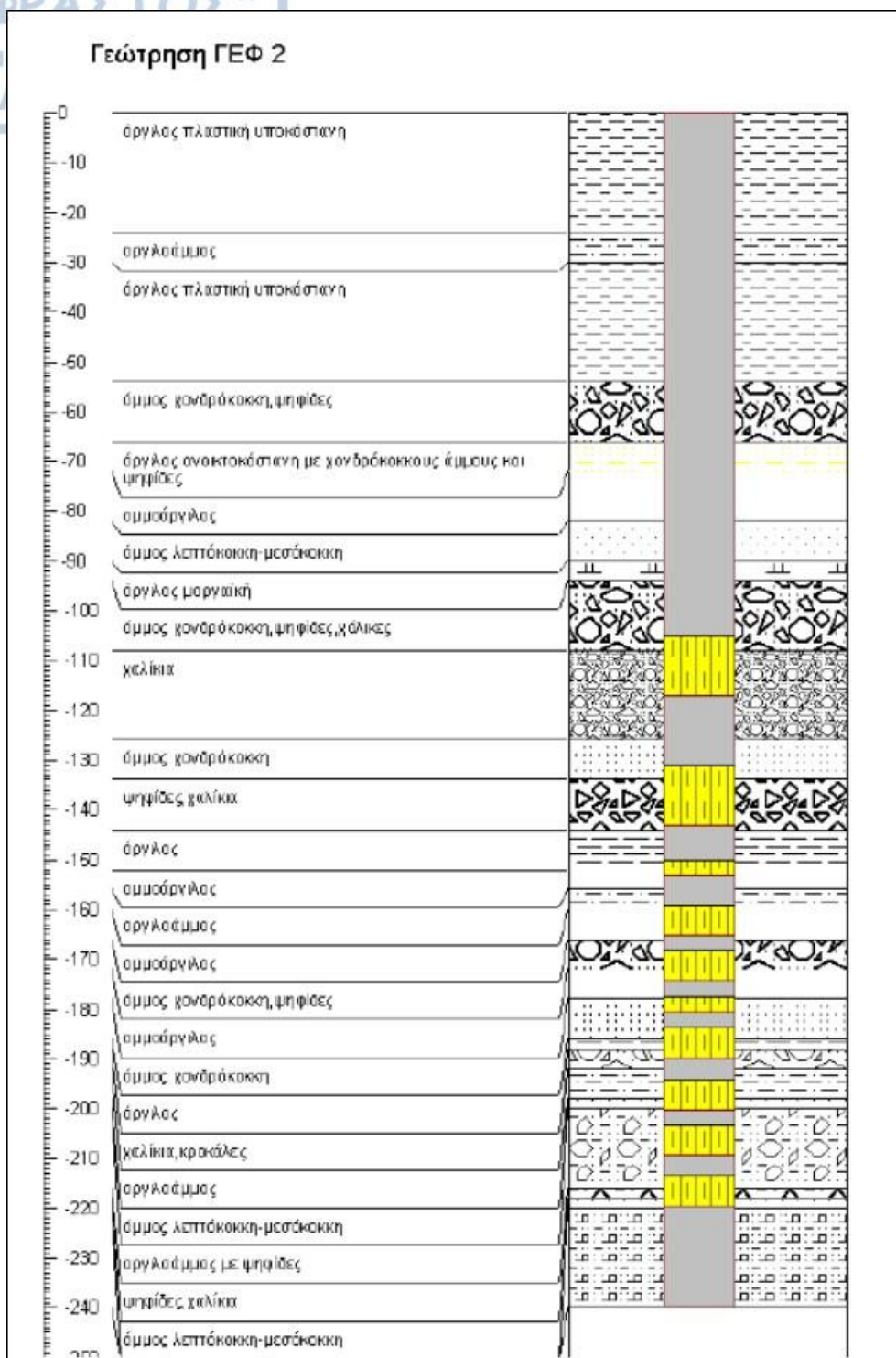
Σχήμα 14: Διάγραμμα Υπολειπόμενης Στάθμης $\delta(m)$ - $\log(t/t')$

4.6.Γεώτρηση Γέφυρα 2 –Γέφυρα

Γεωλογική τομή της Γεώτρησης Γέφυρα 2

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 240 m και το βάθος σωλήνωσης μέχρι επίσης μέχρι τα 237m.

Από τη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης, που δίνεται στο Σχήμα 15, παρατηρούμε ότι έχουμε ποταμολιμναίο και χέρσο περιβάλλον. Στα πρώτα 50 m εμφανίζονται άργιλοι οι οποίοι δεν αποτελούν ένα περατό σχηματισμό, άρα υπάρχει υδροφορία υπο πίεση. Στη συνέχεια ακολουθούν εναλλαγές άμμων-αργίλων την εμφάνιση χονδρόκοκκων χαλικιών και ψηφίδων. Οι σχηματισμοί που αποτελούνται από χονδρόκοκκη άμμο, ψηφίδες και χάλικες καθώς και αυτοί που αποτελούνται από ψηφίδες και χαλίκια, είναι αυτοί που φέρουν την υδροφορία στη γεώτρηση. Οι εμφανίσεις των στρωμάτων μικρού πάχους λεπτόκοκκης άμμου, αργίλου και αμμοάργιλου από τα 145 m και έπειτα επιβεβαιώνουν την υδροφορία υπο πίεση.



Σχήμα 15: Γεωλογική τομή γεώτρησης Γέφυρα 2 (Ε.Υ.Α.Θ.)

- **24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=114\text{m}^3/\text{h}$)**

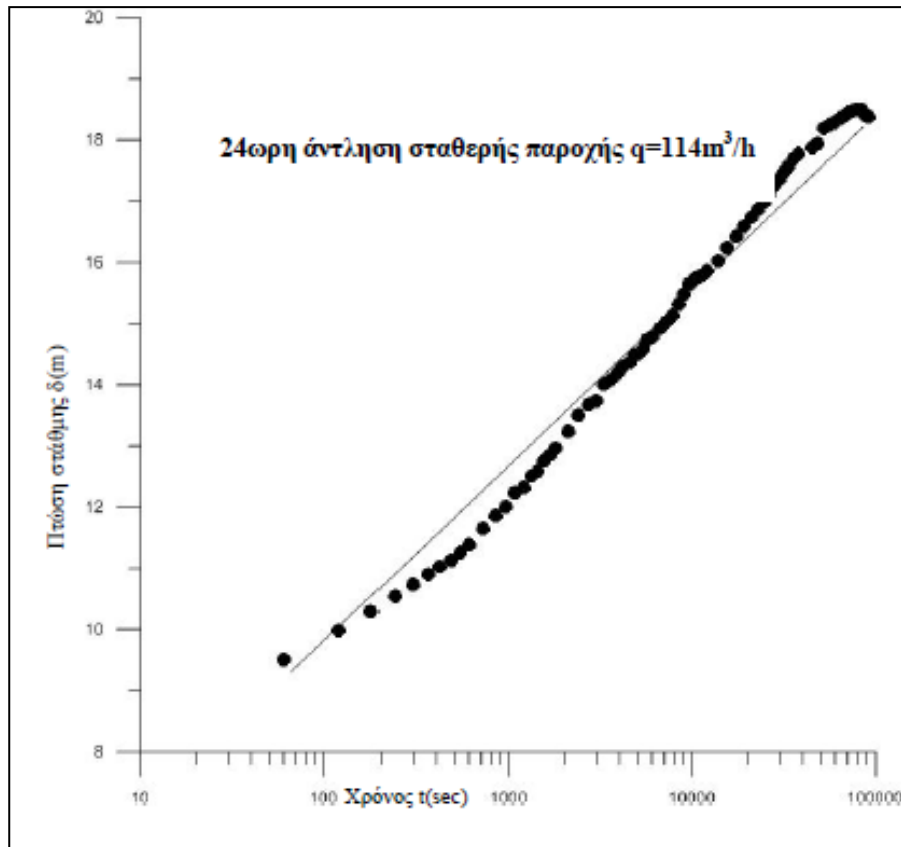
Κατά την έναρξη της άντλησης πραγματοποιούνται μετρήσεις της στάθμης, αρχικά σε πυκνά χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια σε πιο αραιά όπως φαίνεται στο Πίνακα V (Παράρτημα).

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

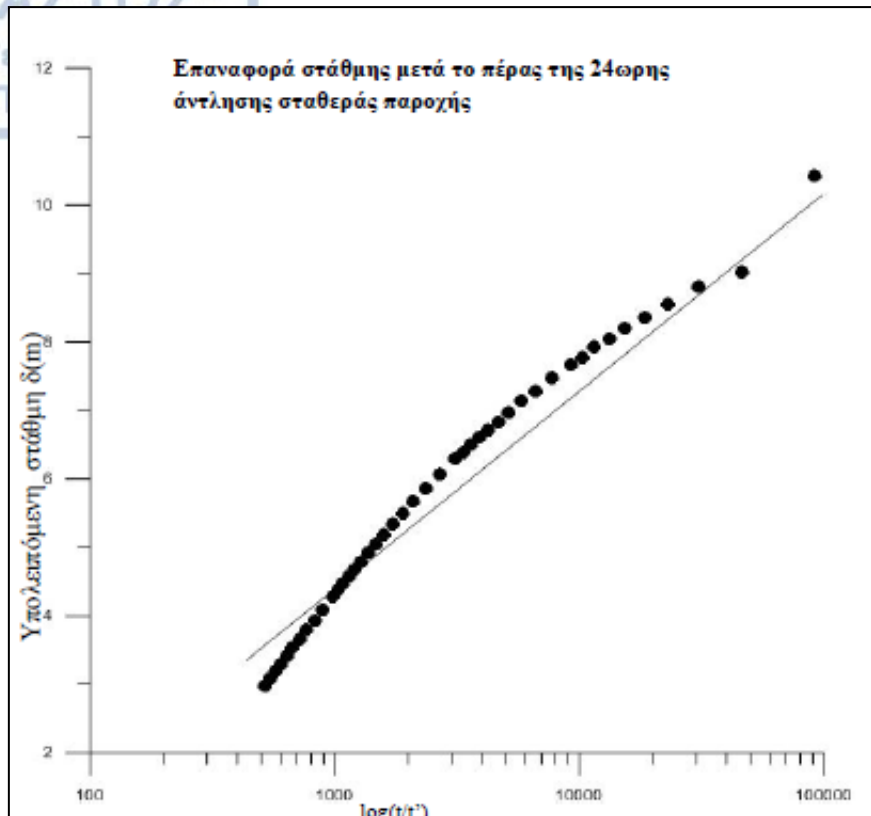
Έτσι λοιπόν για τη **πτώση στάθμης**: $T = 1,06 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$

$k = 1,52 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$ και $S = 6,53 \cdot 10^{-2}$

Για την **επαναφορά της στάθμης**: $T = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ και $k = 3,62 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$



Σχήμα 16: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου $t \text{ (sec)}$



Σχήμα 17: Διάγραμμα Υπολειπόμενης Στάθμης $\delta(m)$ - $\log(t/t')$

4.7.Γεώτρηση Φ51- Νέα Χαλκηδόνα

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

Δεν βρέθηκαν στοιχεία ή η υπάρχουσα γεωλογική τομή αυτής της γεώτρησης ώστε να σχολιαστεί η λιθολογία της και αντίστοιχα η υπάρχουσα υδροφορία. Έχοντας όμως τα υπάρχοντα στοιχεία από τις άντλησεις που έχουν γίνει υπολογίζονται οι υδραυλικές παράμετροι T , k και S με τη χρήση της μεθόδου του Jacob.

- **24ωρη άντληση σταθεράς παροχής ($q=180\text{m}^3/\text{h}$)**

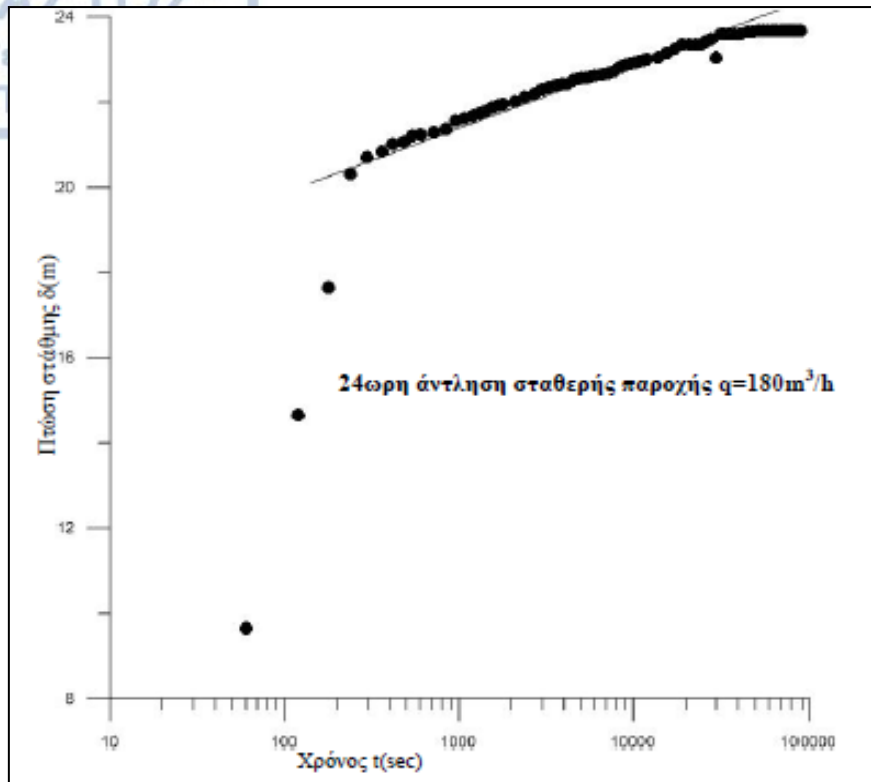
Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 15,36 m. Τα στοιχεία της άντλησης φαίνονται στο Πίνακα VI (Παράρτημα).

-Πτώση στάθμης: $T=1,60 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$

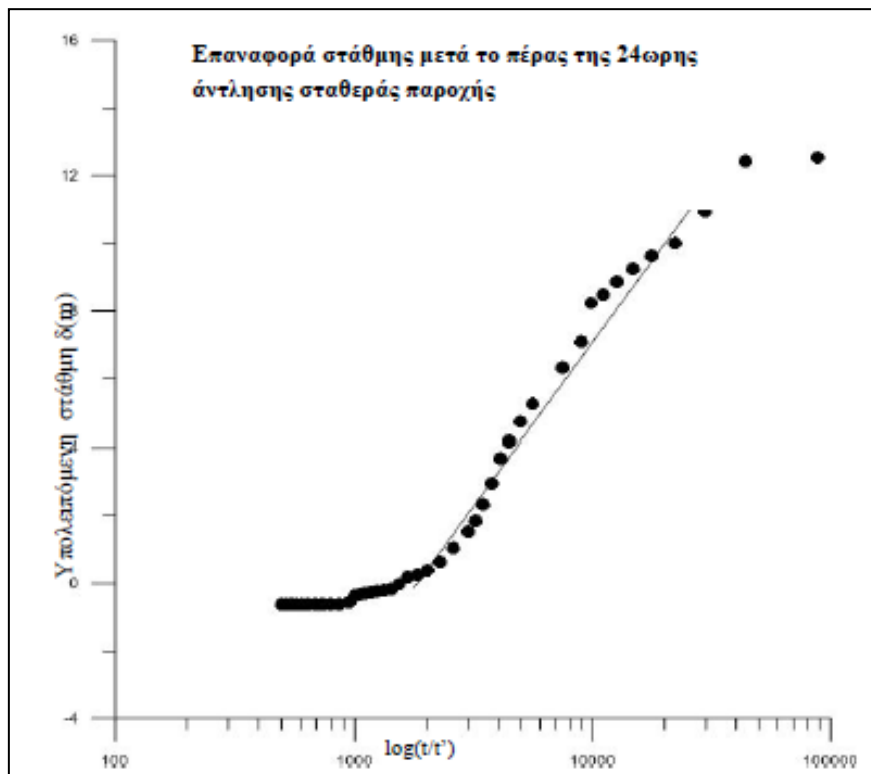
$$k=2,05 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

$$S=1,02 \cdot 10^{-4}$$

Επαναφορά της στάθμης: $T=3,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$ και $k=4,69 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$



Σχήμα 18: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(m)$ - Χρόνου t (sec)



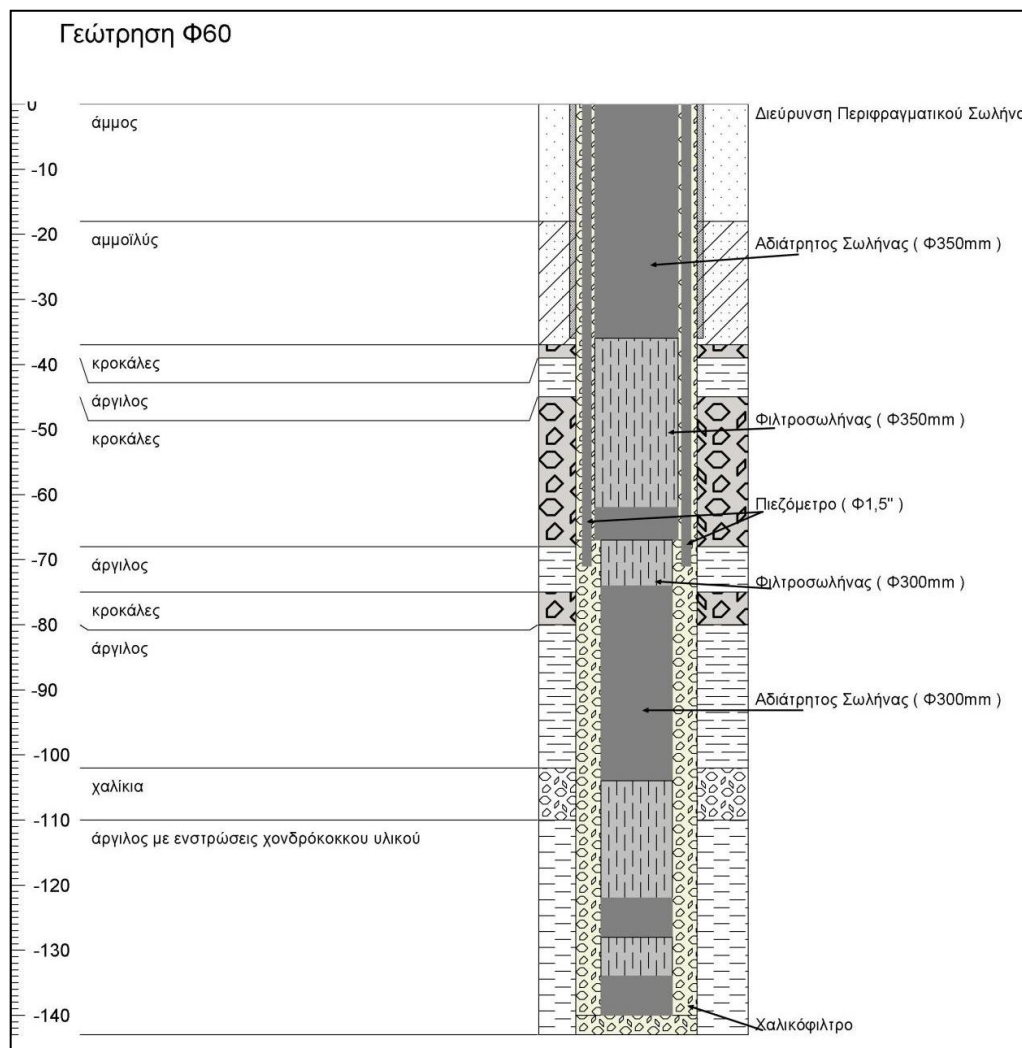
Σχήμα 19: Διάγραμμα Υπολειπόμενης Στάθμης $\delta(m)$ - $\log(t/t')$

4.8.Γεώτρηση Φ60- Νέα Χαλκηδόνα

Γεωλογική τομή της Γεώτρησης Φ60

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 143 m και το βάθος σωλήνωσης μέχρι τα 140 m.

Από τη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης, που δίνεται στο Σχήμα 20, παρατηρούμε ότι στα πρώτα 38m εμφανίζονται άμμος και αμμοιλύς οι οποίοι σχηματισμοί δεν φέρουν μεγάλη υδροφορία. Στη συνέχεια μέχρι τα 100m υπάρχουν άργιλοι σε εναλλαγές με κροκάλες και ακολουθούν εμφανίσεις χαλικιών. Η υδροφορία βρίσκεται στους χονδρόκοκκους σχηματισμούς και αναμένεται αρκετά μεγάλη, διότι λόγω των στρωμάτων αργίλων που παρεμβάλλονται είναι υπο πίεση.

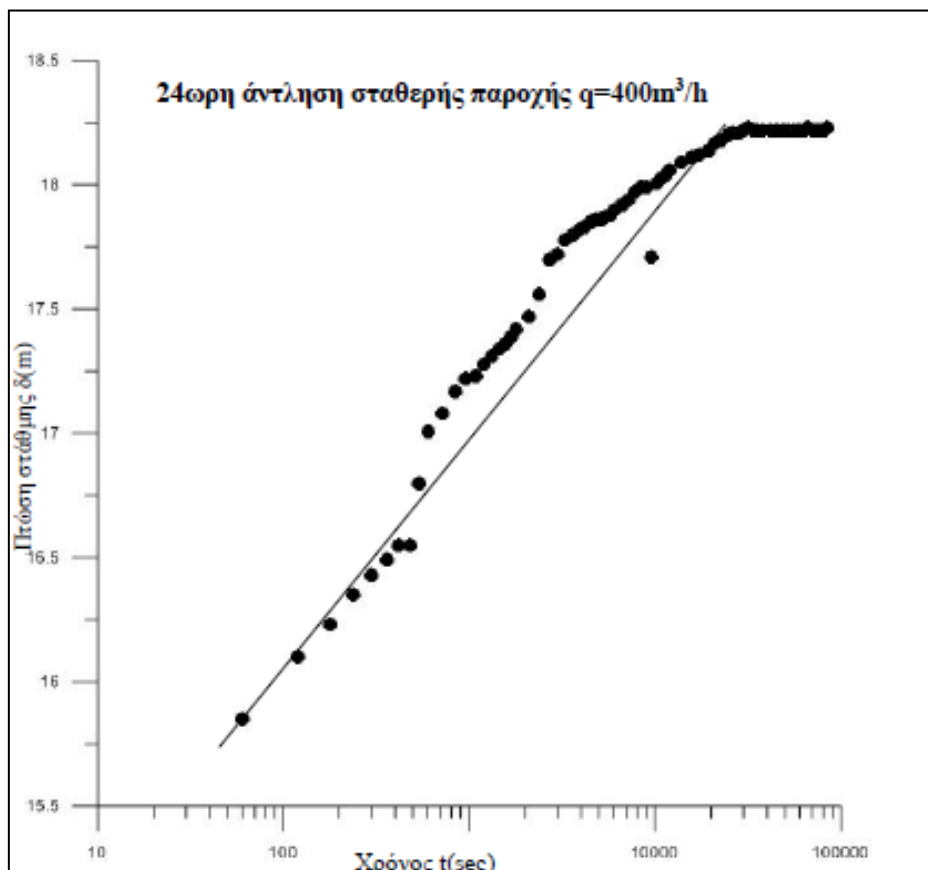


Σχήμα 20: Γεωλογική τομή γεώτρησης Φ60 (Ε.Υ.Α.Θ.)

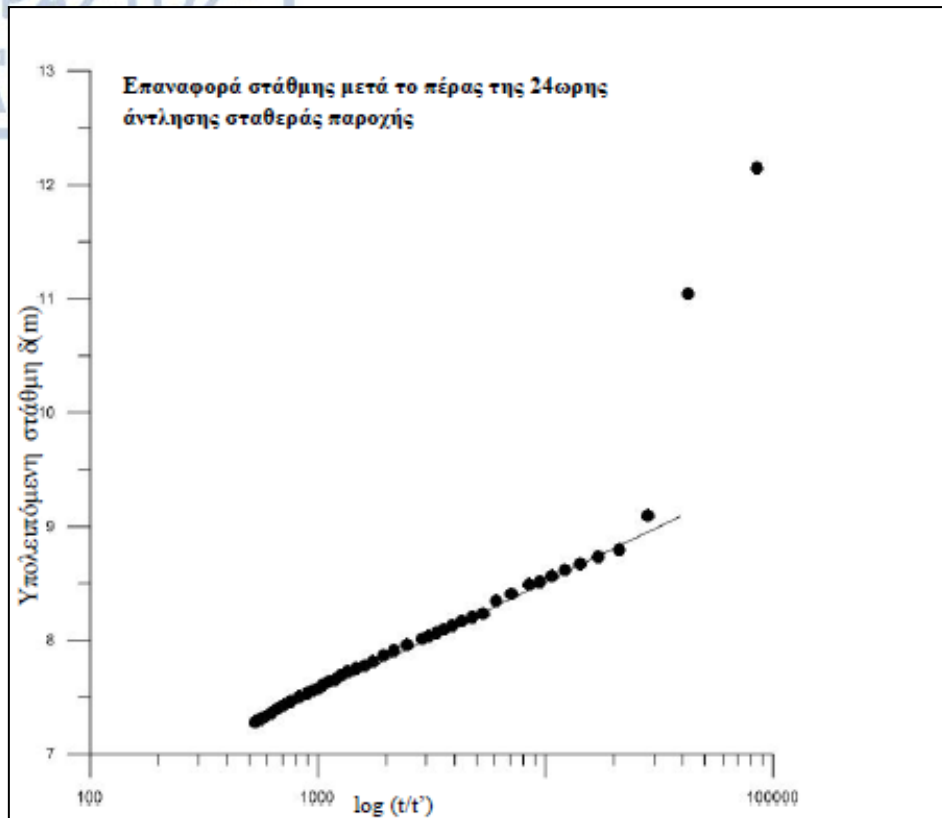
Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=400\text{m}^3/\text{h}$)

Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 11,75 m.



Σχήμα 21: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου $t(\text{sec})$



Σχήμα 22: Διάγραμμα Υπολειπόμενης Στάθμης $\delta(m)$ - $\log(t/t')$

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα και χρησιμοποιώντας την πρώτη μέθοδο του Jacob, καθώς και τη μέθοδο της επαναφοράς της στάθμης υπολογίζονται τα υδραυλικά χαρακτηριστικά.

-Πτώση στάθμης:

$$T = 3,91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$k = 4,56 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

$$S = 2,51 \cdot 10^{-3}$$

-Επαναφορά στάθμης:

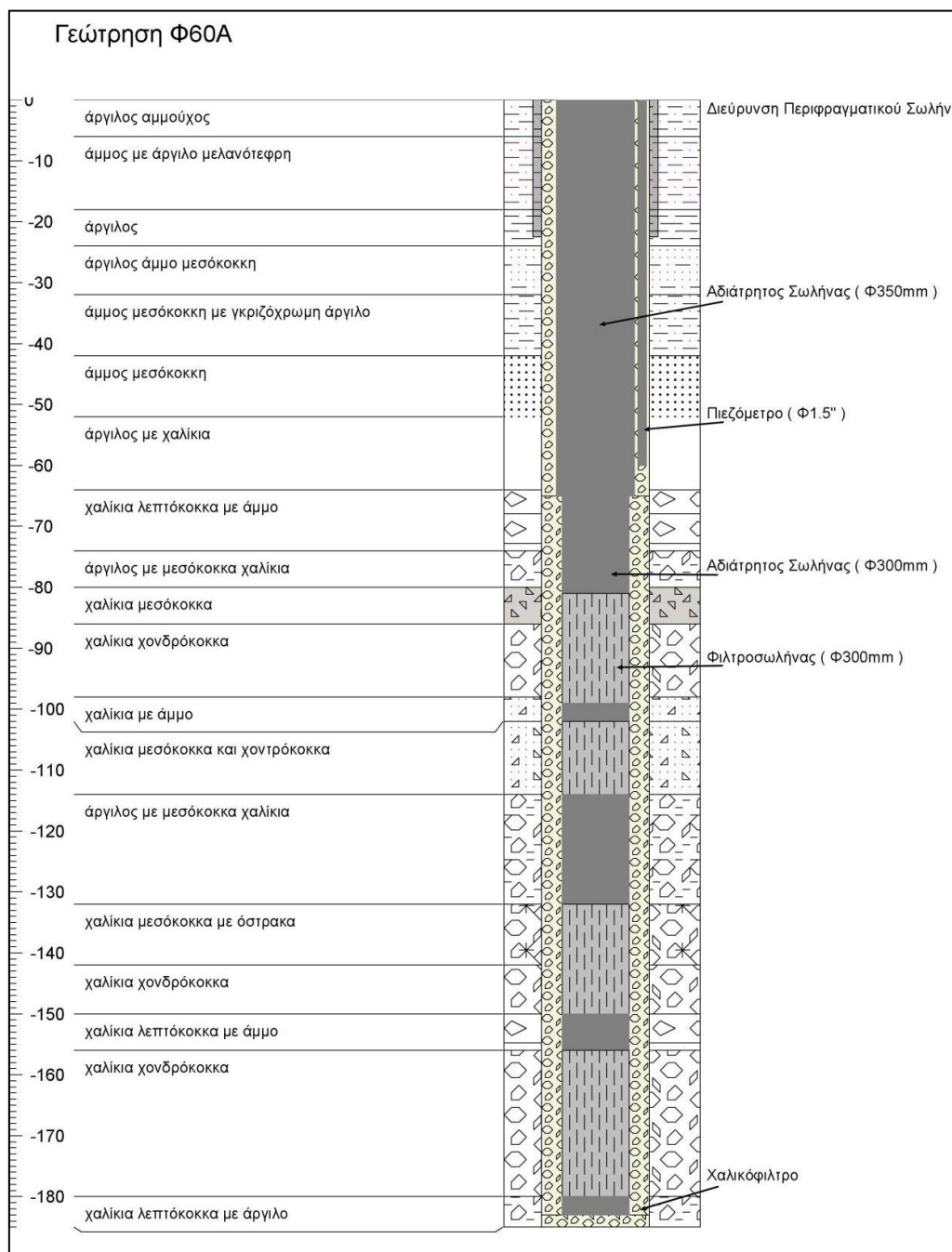
$$T = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$k = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

4.9. Γεώτρηση Φ60Α- Νέα Χαλκηδόνα

Γεωλογική τομή της Γεώτρησης Φ60Α

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 190 m και το βάθος σωλήνωσης μέχρι τα 183m. Η λιθολογία αυτής της Γεώτρησης δε διαφέρει πολύ από αυτή της γεώτρησης Φ60 εφόσον βρίσκονται και στην ίδια περιοχή. Μέχρι το βάθος των 50m υπάρχουν άμμοι και άργιλοι, ενώ μετά ακολουθούν εναλλαγές αργίλου με χαλίκια και χαλίκια διαφορετικής διαμέτρου. Οι σχηματισμοί των χαλικιών και της άμμου με τα χαλίκια είναι αυτοί που θα δώσουν την υδροφορία στη γεώτρηση.



Σχήμα 23: Γεωλογική τομή γεώτρησης Φ60Α (Ε.Υ.Α.Θ.)

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=230\text{m}^3/\text{h}$)

Η αρχική στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα της γεώτρησης ήταν 17.58m.

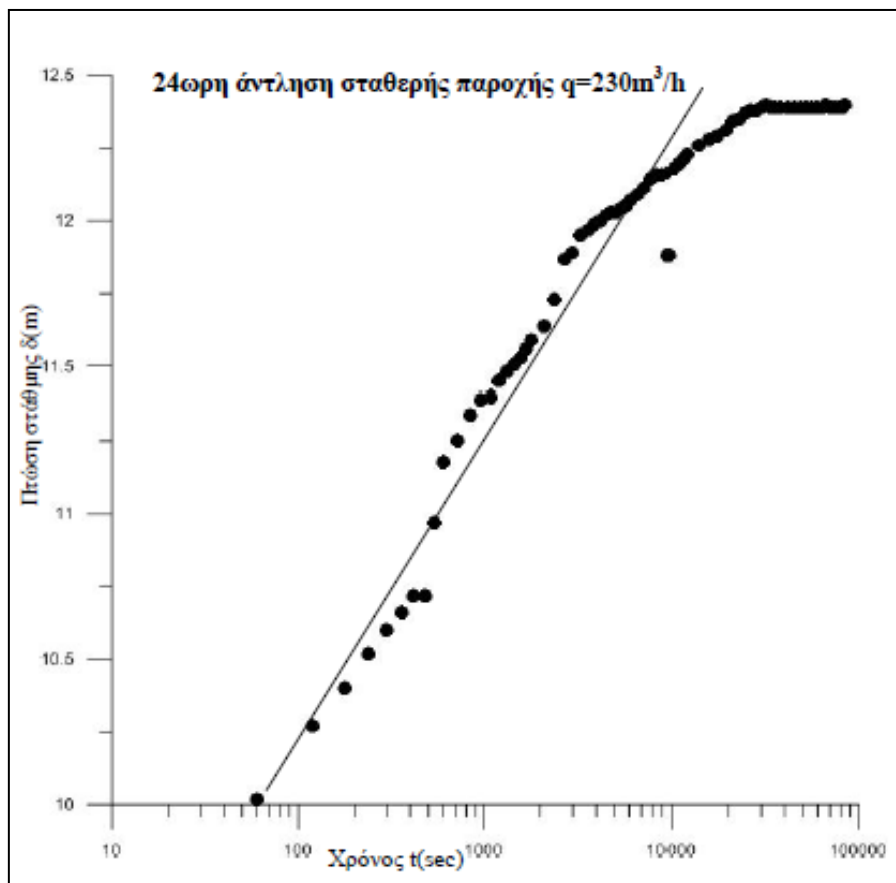
-Πτώση στάθμης: $T=1,79 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$

$$k=2,65 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

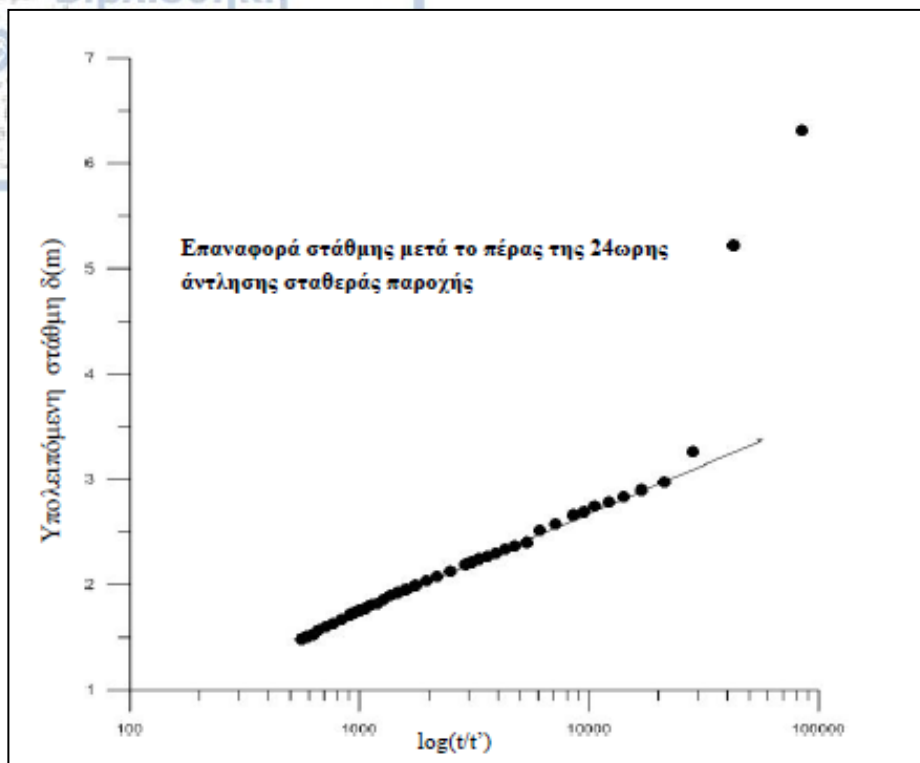
$$S=1,15 \cdot 10^{-3}$$

-Επαναφορά στάθμης: $T=2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$

$$k=3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$



Σχήμα 24: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου $t(\text{sec})$



Σχήμα 25: Διάγραμμα Υπολειπόμενης Στάθμης $\delta(m)$ - $\log(t/t')$

4.10. Γεώτρηση X01- Χορτιάτης

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

Δεν βρέθηκε η υπάρχουσα γεωλογική τομή αυτής της γεώτρησης ώστε να σχολιαστεί η λιθολογία της και αντίστοιχα η υπάρχουσα υδροφορία. Έχοντας όμως τα υπάρχοντα στοιχεία από τις άντλήσεις που έχουν γίνει υπολογίζονται οι υδραυλικές παράμετροι T , k και S με τη χρήση της μεθόδου του Jacob.

- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=44m^3/h$)

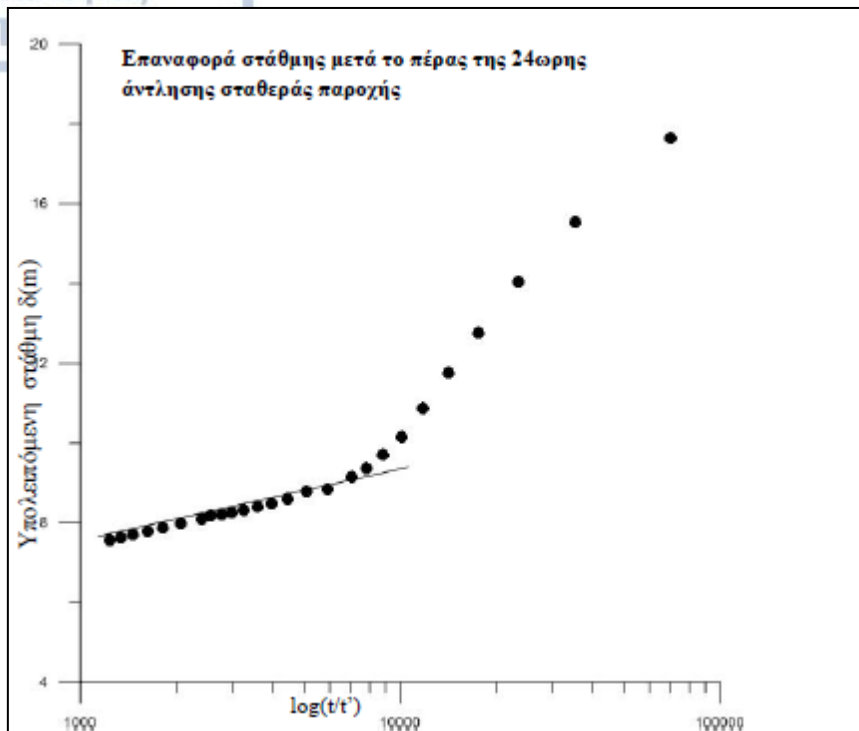
Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 8,2 m. Τα στοιχεία της άντλησης φαίνονται στο Πίνακα VIII (Παράρτημα).

-Πτώση στάθμης: $T=2,3 \cdot 10^{-2} m^2/sec$

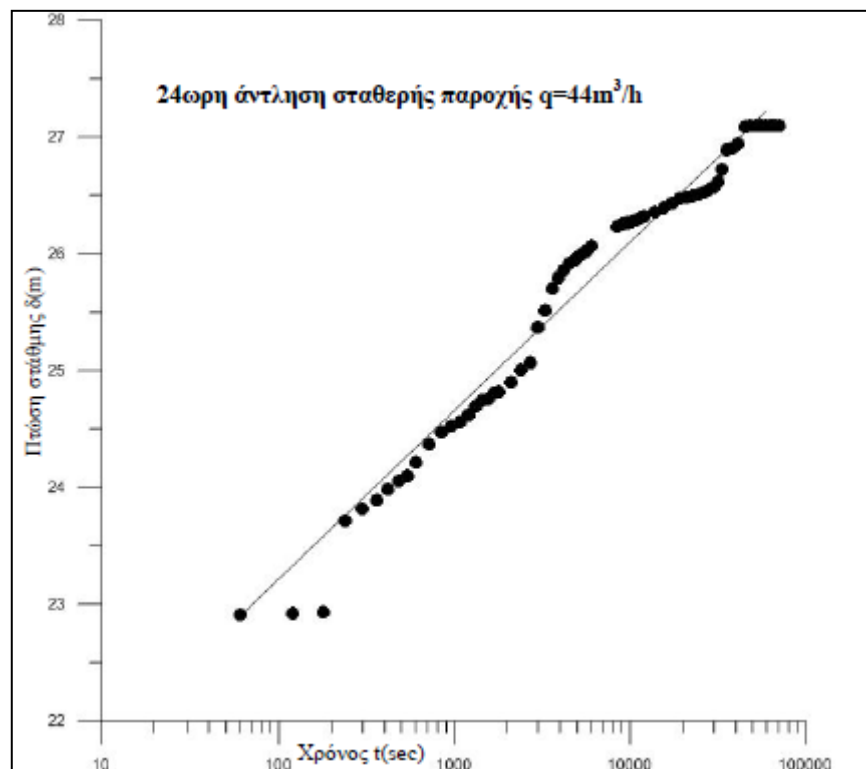
$$k=4,25 \cdot 10^{-3} m/sec \text{ και } S=6,19 \cdot 10^{-2}$$

Επαναφορά της στάθμης: $T=4,6 \cdot 10^{-3} m^2/sec$

$$k=8,47 \cdot 10^{-4} m/sec$$



Σχήμα 26: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(m)$ - Χρόνου t (sec)



Σχήμα 27: Διάγραμμα Υπολειπόμενης Στάθμης $\delta(m)$ - $\log(t/t')$

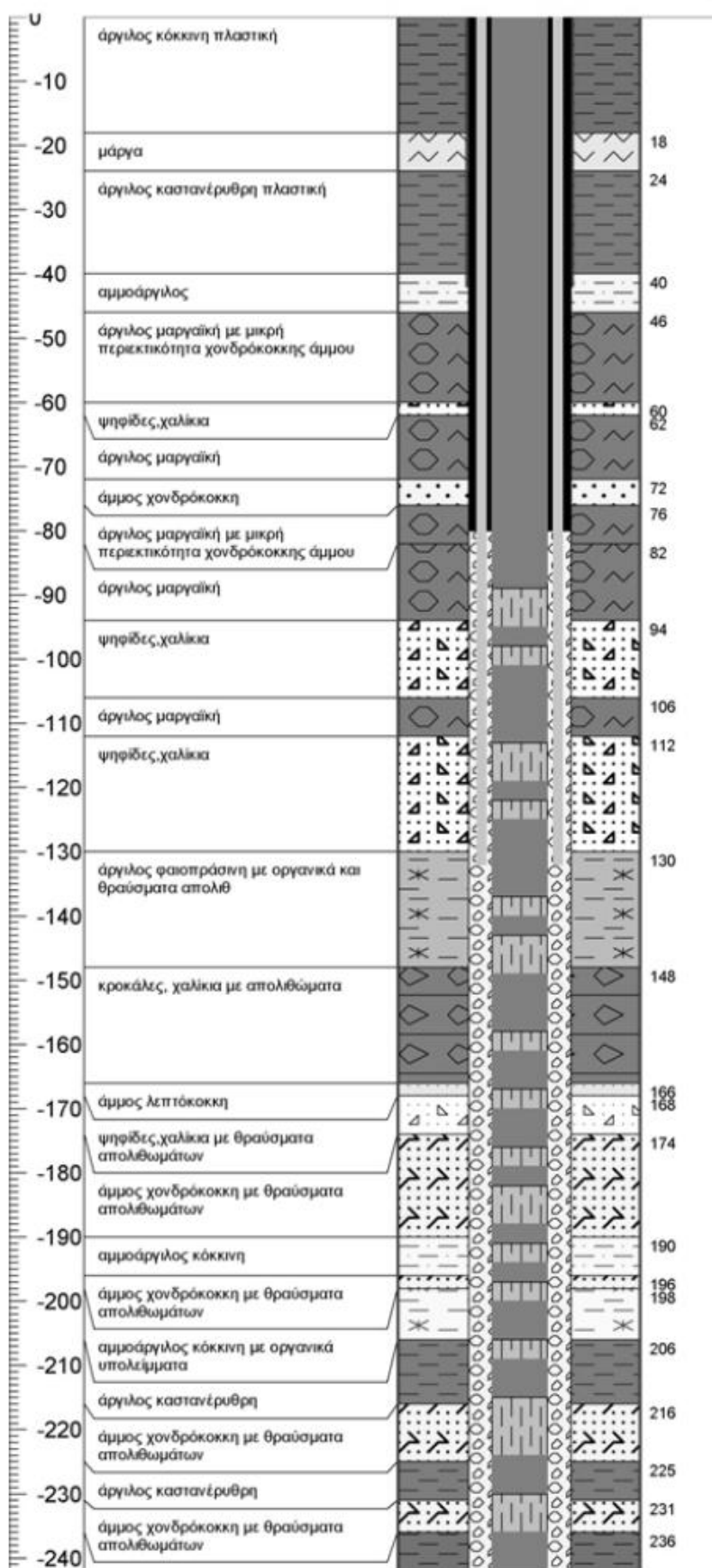
4.11.Γεώτρηση Θ7- Θέρμη

Γεωλογική τομή της Γεώτρησης Θ7

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 240 m και το βάθος σωλήνωσης επίσης μέχρι τα 240 m. Όπως φαίνεται από τη γεωλογική τομή της γεώτρησης, μέχρι το βάθος των 93 m περίπου δεν συναντώνται ιδιαίτερα περατοί σχηματισμοί.

Πιο συγκεκριμένα συναντώνται μέχρι τα 20m πλαστική άργιλος, ακολουθεί η εμφάνιση μάργας σε ένα σχηματισμό πάχους 10m περίπου και συνεχίζεται η εμφάνιση της αργίλου με μάργα, με άμμο και με χονδρόκοκκα υλικά. Έπειτα μέχρι το βάθος των 240m υπάρχουν εναλλαγές στρωμάτων αργίλου (αμμοάργιλος, φαιοπράσινη άργιλος και καστανέρυθρη) με στρώματα χονδρόκοκκων υλικών, δηλαδή ψηφίδες-χαλίκια, κροκάλες-χαλίκια με απολιθώματα και άμμος χονδρόκοκκη με απολιθώματα. Η υδροφορία προκύπτει από τα στρώματα με του χονδρόκοκκους σχηματισμούς και επειδή υπάρχουν επάλληλα στρώματα αργίλου είναι υπό πίεση.

Γεώτρηση Θ7

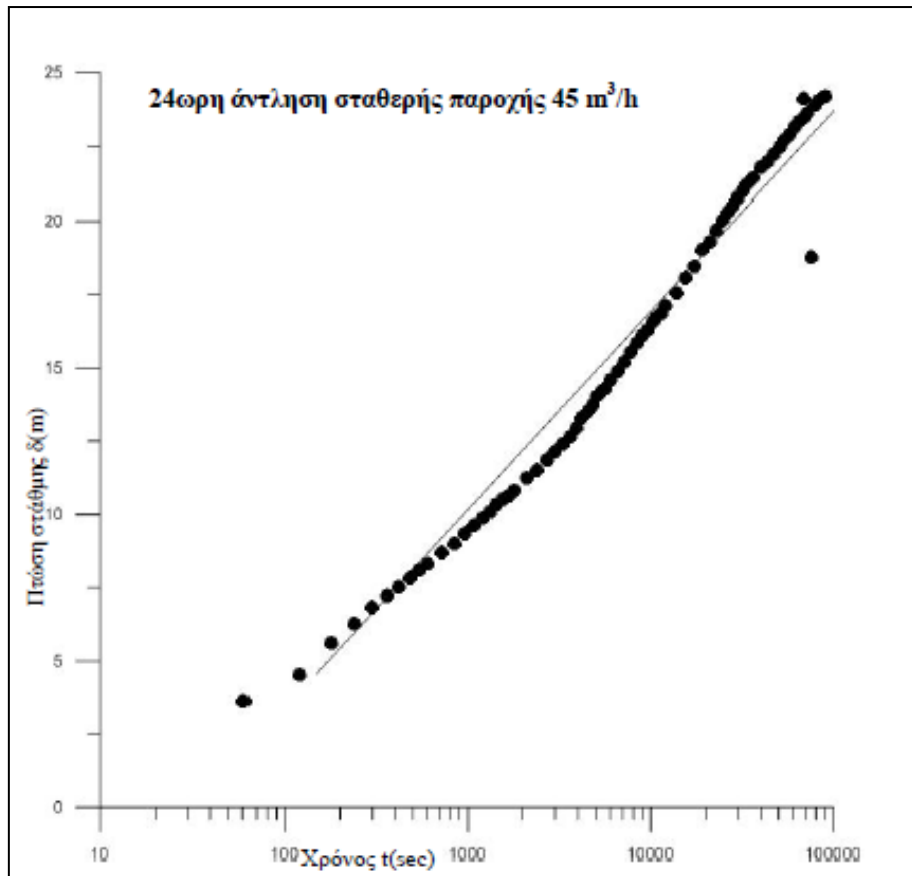


Σχήμα 28:

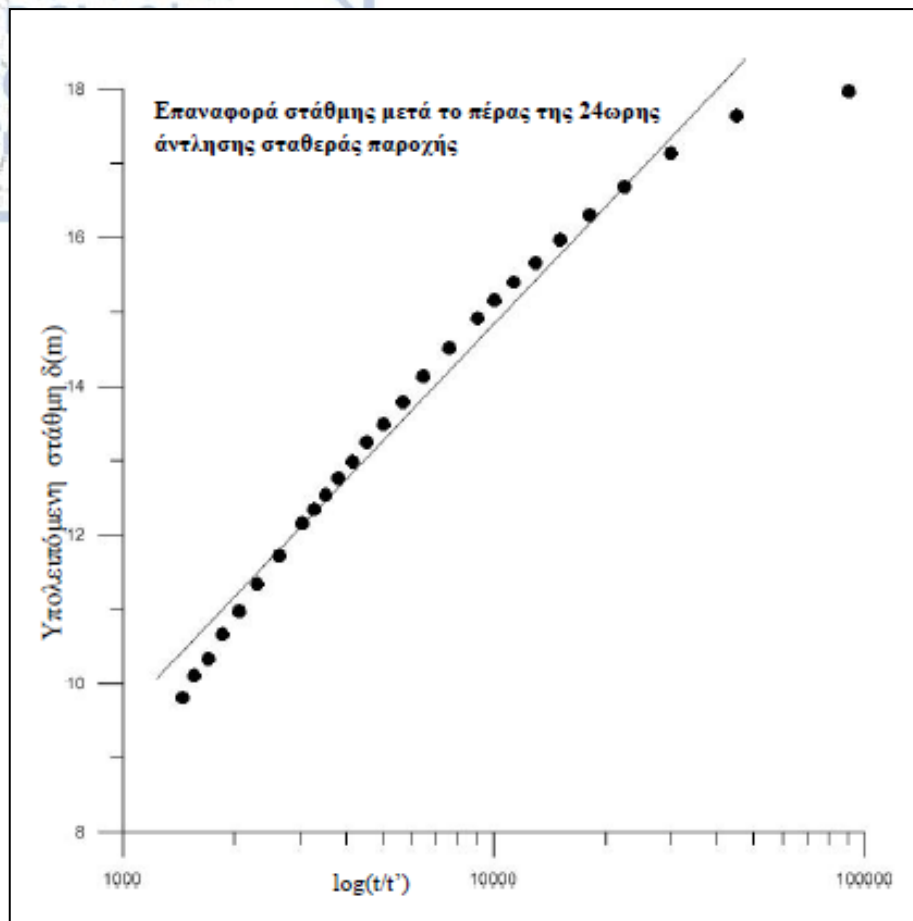
Γεωλογική τομή γεώτρησης Θ7
(Ε.Υ.Α.Θ.)

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής $45 \text{ m}^3/\text{h}$



Σχήμα 29: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου $t(\text{sec})$



Σχήμα 30: Διάγραμμα υπολειπόμενης στάθμης $\delta(m)$ - $\log(t'/t)$

Για τη γεώτρηση Θ7 λοιπόν έχουμε:

-Πτώση στάθμης: $T = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$

$$k = 8,61 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec} \text{ και } S = 3,4 \cdot 10^{-3}$$

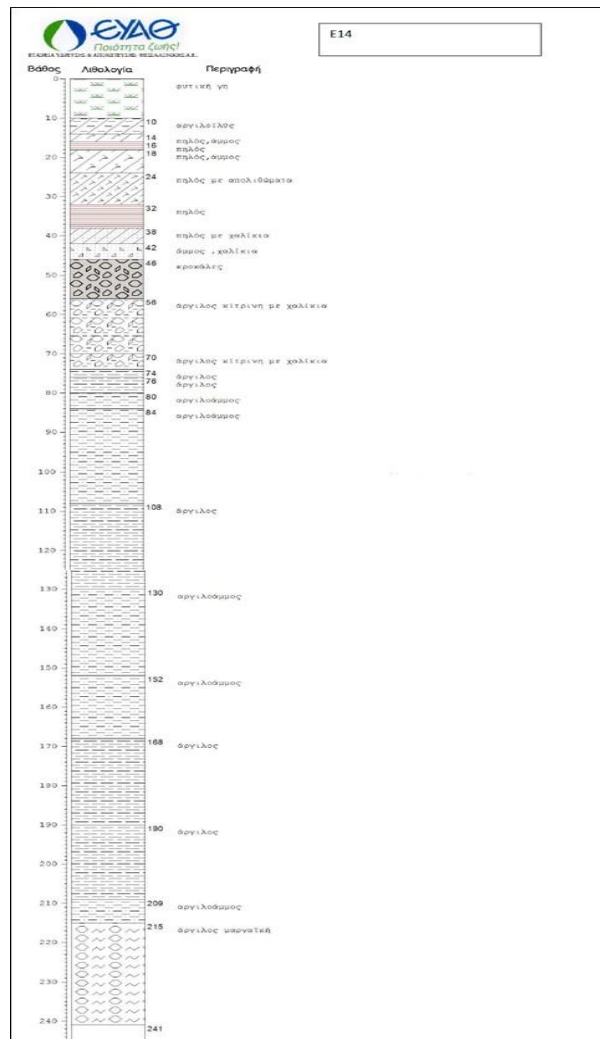
Επαναφορά της στάθμης: $T = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$

$$k = 2,46 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

4.12.Γεώτρηση E14 –Ελεούσα

Γεωλογική τομή της Γεώτρησης E14

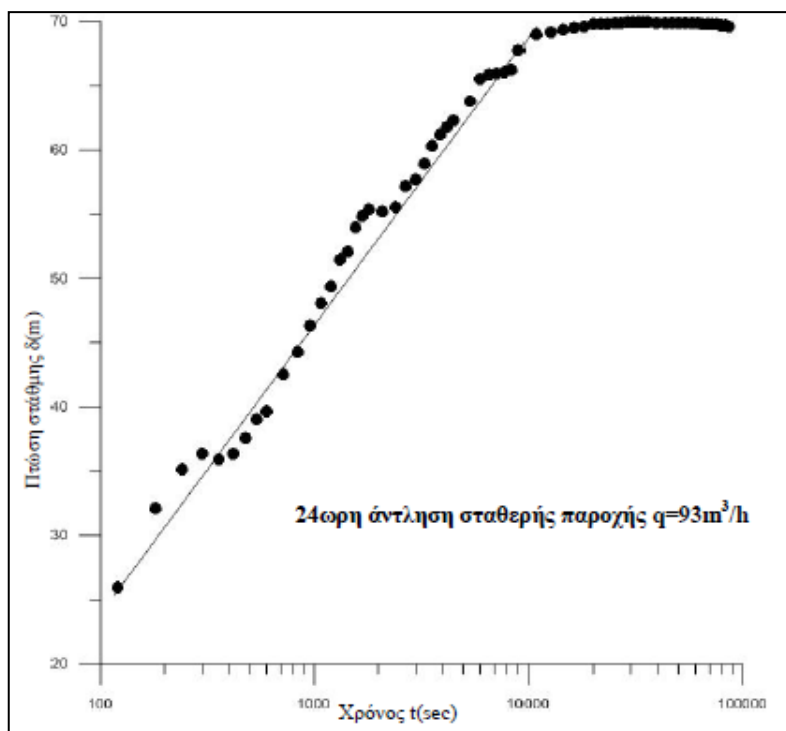
Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 240m. Από τη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης, που δίνεται στο Σχήμα 31, παρατηρούμε ότι έχουμε λιμναίο περιβάλλον περιβάλλον. Στα πρώτα 35m εμφανίζονται πηλός σε εναλλαγές με πηλό-άμμο, σχηματισμοί που δε φέρουν ιδιαίτερη υδροφορία. Στη συνέχεια μέχρι τα 46 m εμφανίζονται χονδρόκοκκα υλικά (πηλός με χαλίκια και άμμος με χαλίκια) ενώ ακολουθεί σχηματισμός από κροκάλες πάχους 10m, ο οποίος έχει αρκετά υψηλή υδροφορία. Τέλος, μέχρι το βάθος το 240m επικρατεί αργιλική σύσταση η οποία είναι αδιαπέρατη και δεν αναμένεται υδροφορία από αυτούς τους σχηματισμούς.



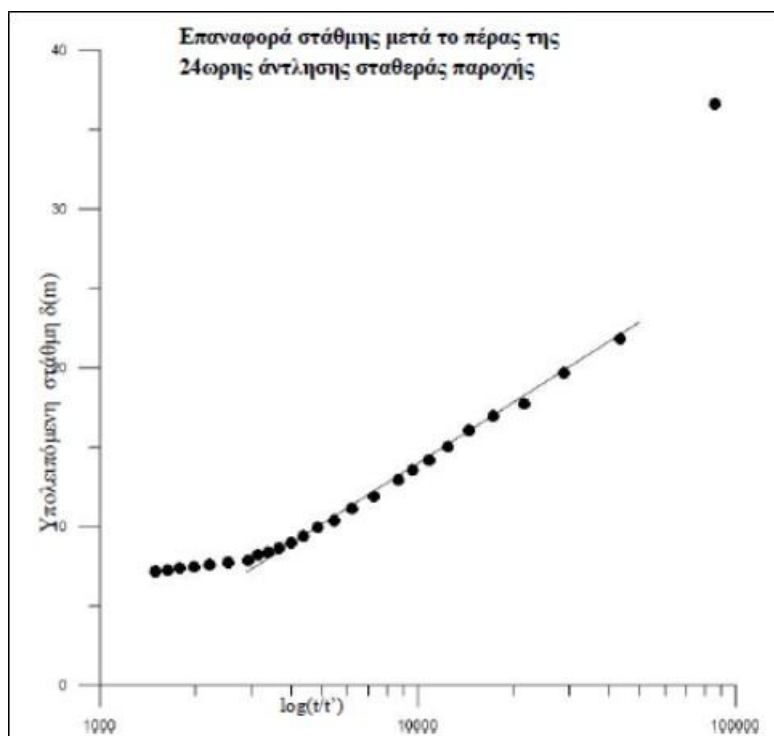
Σχήμα 31: Γεωλογική τομή γεώτρησης E14 (Ε.Υ.Α.Θ.)

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής $93 \text{ m}^3/\text{h}$



Σχήμα 32: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου t (sec)



Σχήμα 33: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου t (sec)



Για τη γεώτρηση E14 λοιπόν έχουμε:

-Πτώση στάθμης:

$$T = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$k = 3,46 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

$$S = 7,71 \cdot 10^{-2}$$

Επαναφορά της στάθμης:

$$T = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$k = 2,81 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

4.13. Γεώτρηση ΒΙ.ΠΕ.Θ – Βιομηχανική Περιοχή Θεσσαλονίκης

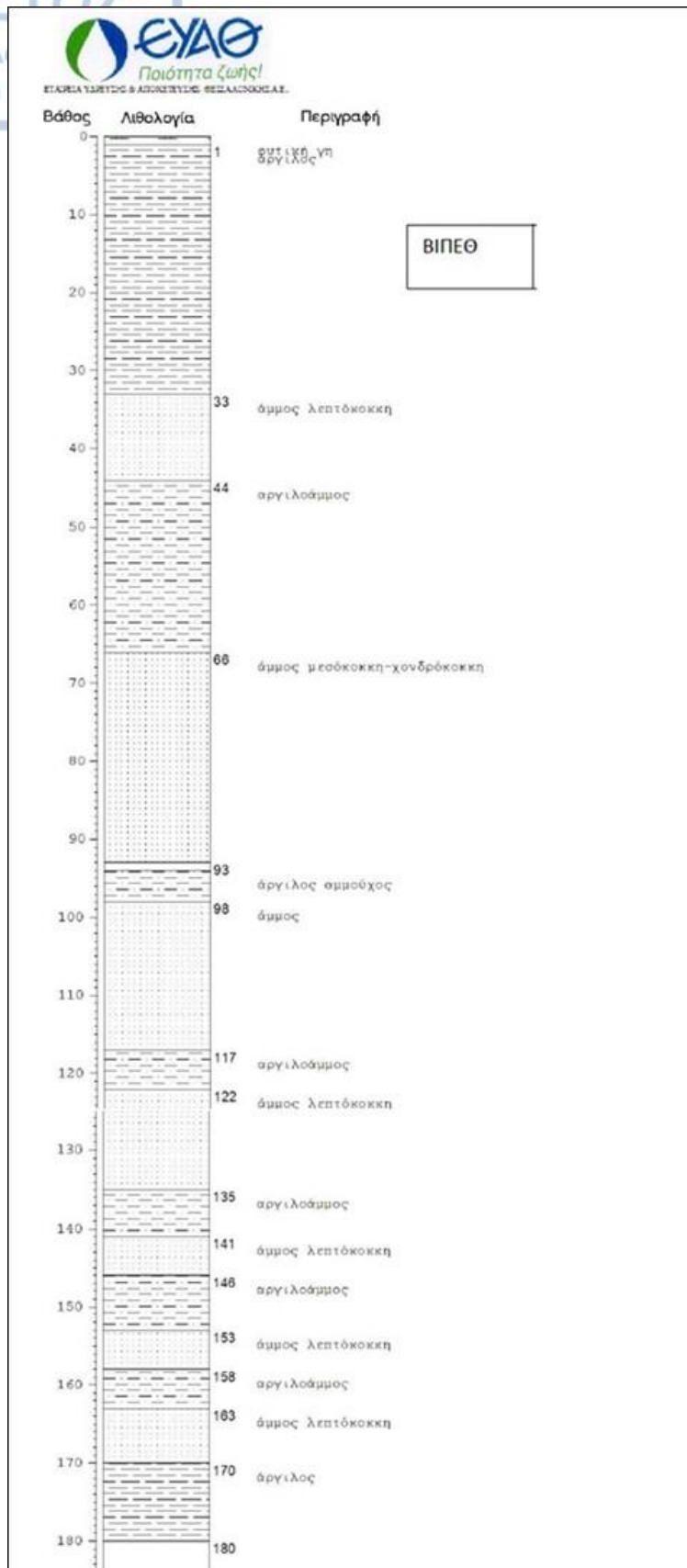
Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 180 m. Στην τομή της γεώτρησης (Σχήμα 34) φαίνεται ότι αρχικά υπάρχει ένα στρώμα αργίλου πάχους 33 m. Ακολουθεί η εμφάνιση λεπτόκοκκης άμμου με πάχος σχηματισμού 11 m και συνεχίζονται αυτές οι εναλλαγές στρωμάτων αργίλου-άμμου.

Συμπερασματικά η περιοχή έχει υδροφορία υπό πίεση μικρής υδροπερατότητας και για αυτό επιλέχθηκε για τη κατασκευή του Βιομηχανικού Πάρκου.

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

- **24ωρη άντληση σταθερής παροχής ($q=120 \text{ m}^3/\text{h}$)**

Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στη γεώτρηση πριν την έναρξη της άντλησης ήταν 34,4 m. Τα στοιχεία της άντλησης φαίνονται στον Πίνακα XI (Παράρτημα).



Σχήμα 34: Γεωλογική τομή γεώτρησης ΒΙ.ΠΕ.Θ.

Έτσι λοιπόν κατασκευάζονται τα διαγράμματα πτώσης στάθμης $\delta(m)$ $-\log t$ για την άντληση (Σχήμα 35), και υπολειπόμενης στάθμης $\delta(m)$ $-\log(t/t')$ για την επαναφορά της στάθμης (Σχήμα 36) και υπολογίζονται οι υδραυλικοί παράμετροι ως εξής:

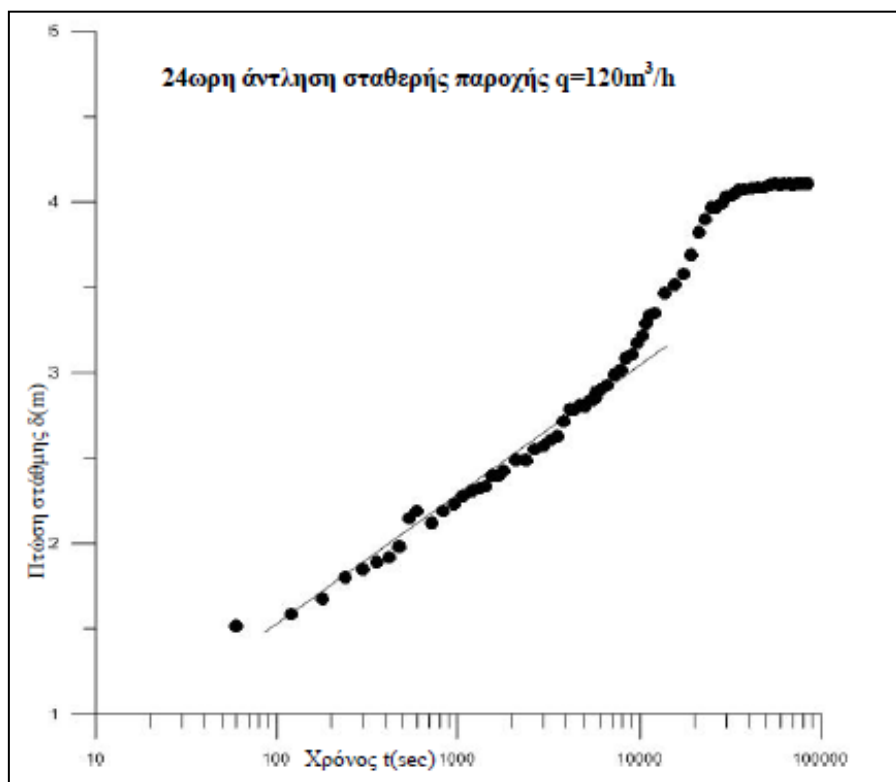
-Πτώση στάθμης: $T = 6,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$

$k = 7,36 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$

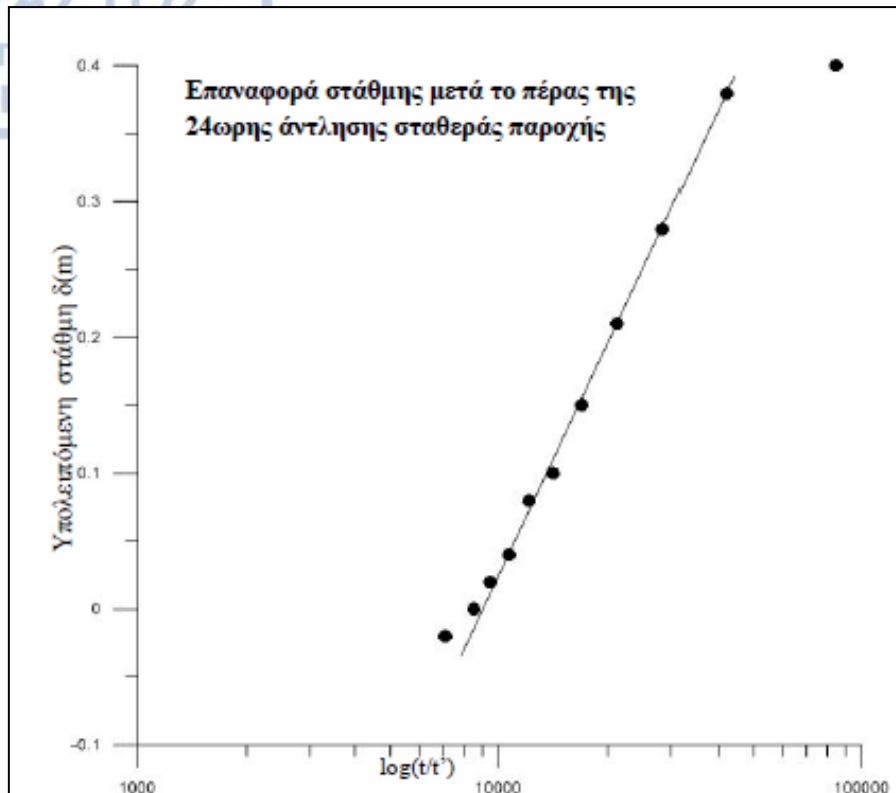
$S = 11,3 \cdot 10^{-4}$

Επαναφορά της στάθμης: $T = 1,11 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$

$k = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$



Σχήμα 35: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(m)$ - Χρόνου $t(\text{sec})$



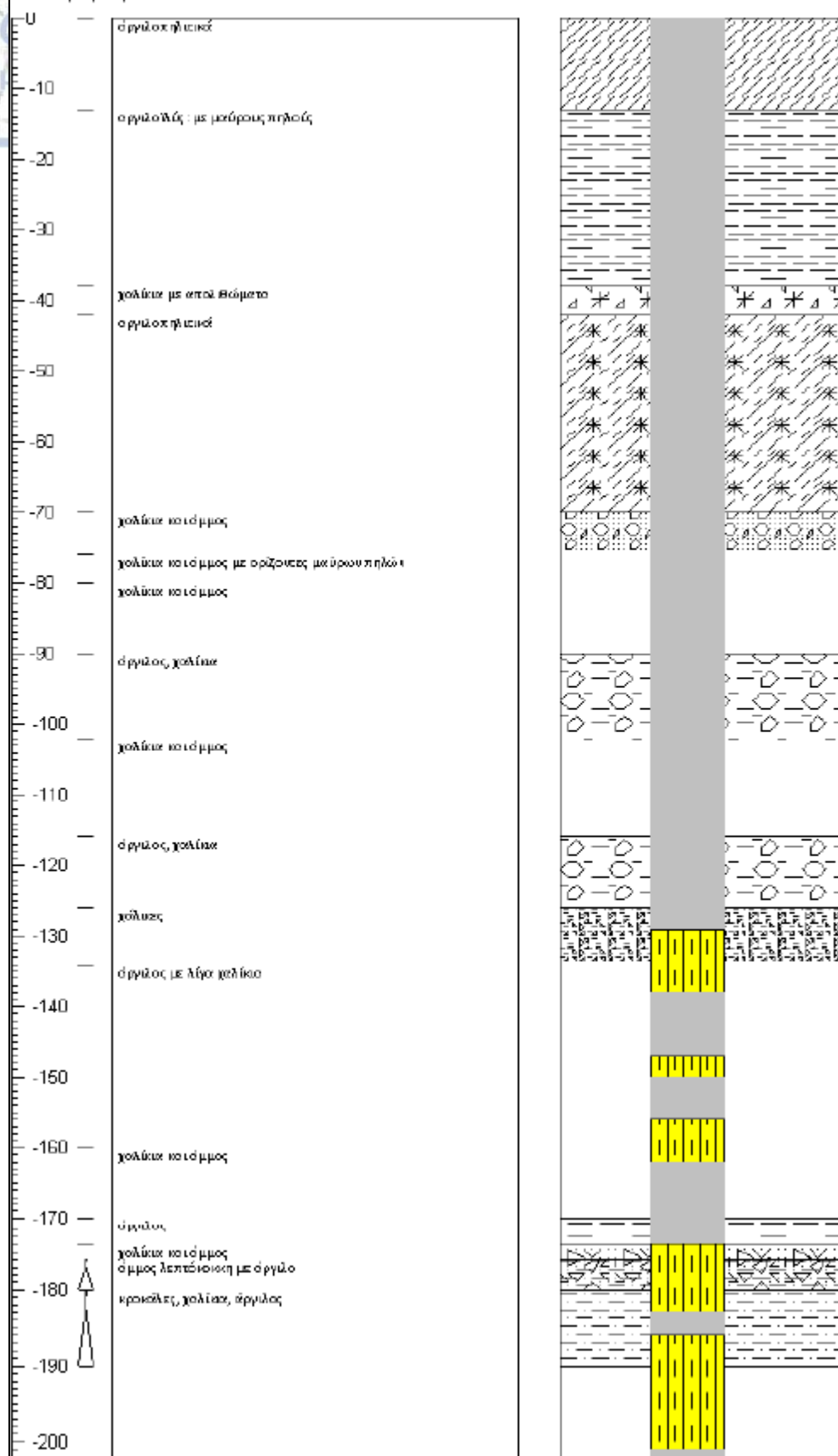
Σχήμα 36: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(m)$ - Χρόνου t (sec)

4.14. Γεώτρηση Σ26N – Σίνδος

Γεωλογική τομή της Γεώτρησης Σ26N

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 200m. Από τη γεωλογική τομή της γεώτρησης φαίνεται ότι στα πρώτα 38m επικρατεί άργιλος, με την εμφάνιση σχηματισμών αργιλοπηλιτικών και αργιλοϊλύ, οι οποίοι δε φέρουν υδροφορία. Έπειτα, υπάρχει ένα στρώμα μικρού πάχους με χαλίκια και απολιθώματα, άρα έχουμε λιμναίο περιβάλλον και ακολουθεί ξανά σχηματισμός με αργιλοπηλιτικά πάχους 28m. Στα 70m εμφανίζονται άμμοι και χαλίκια οι οποίοι επικρατούν σε όλο το βάθος της γεώτρησης και υπάρχει εμφάνιση αργίλου στα 135m με σημαντικό πάχος σχηματισμού 25 m, άρα η υδροφορία που θα έχουμε από τους χονδρόκοκκους σχηματισμούς θα είναι υπο πίεση.

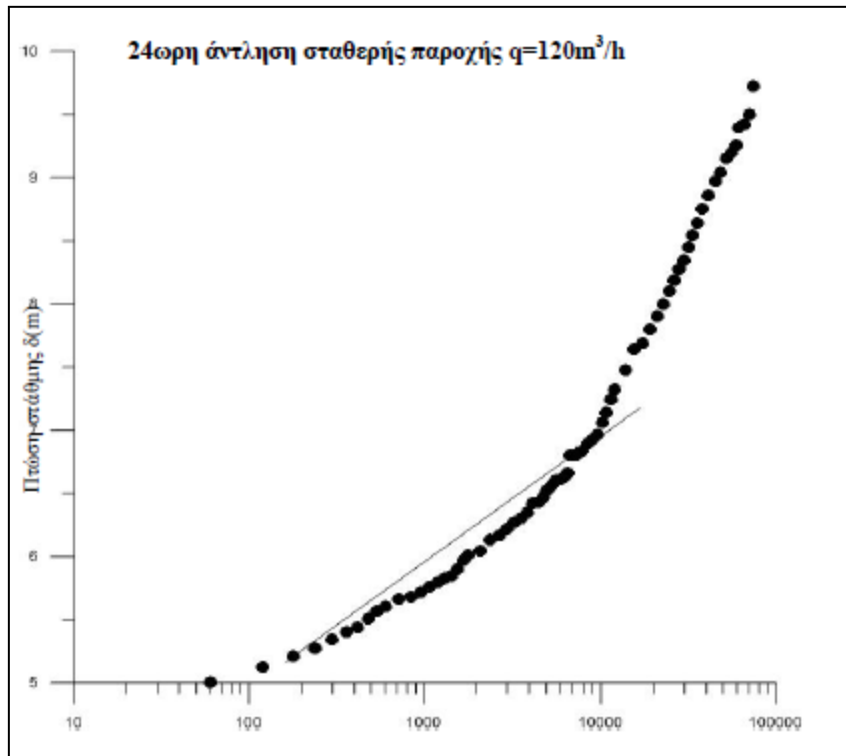
Γεώτρηση Σ26N



Σχήμα 37: Γεωλογική τομή γεώτρησης Σ26N (Ε.Υ.Α.Θ.)

Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής $120\text{m}^3/\text{h}$



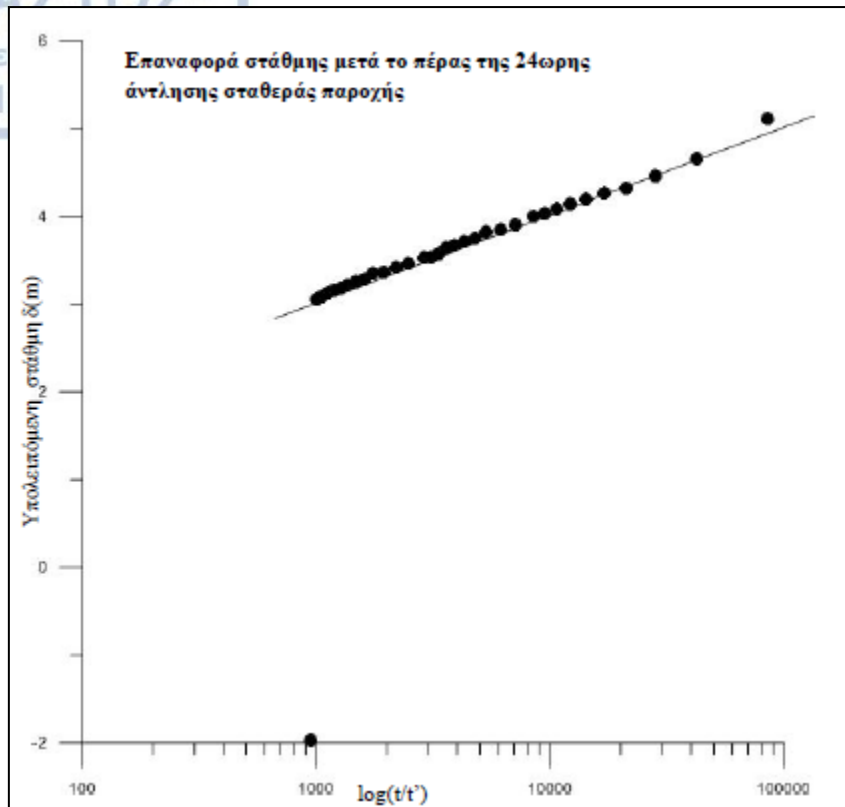
Σχήμα 38: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου $t(\text{sec})$

-Πτώση στάθμης: $T = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$

$$k = 1,09 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$$

$$S = 2,9 \cdot 10^{-3}$$

Επαναφορά της στάθμης: $T = 3,85 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$ και $k = 7,16 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$



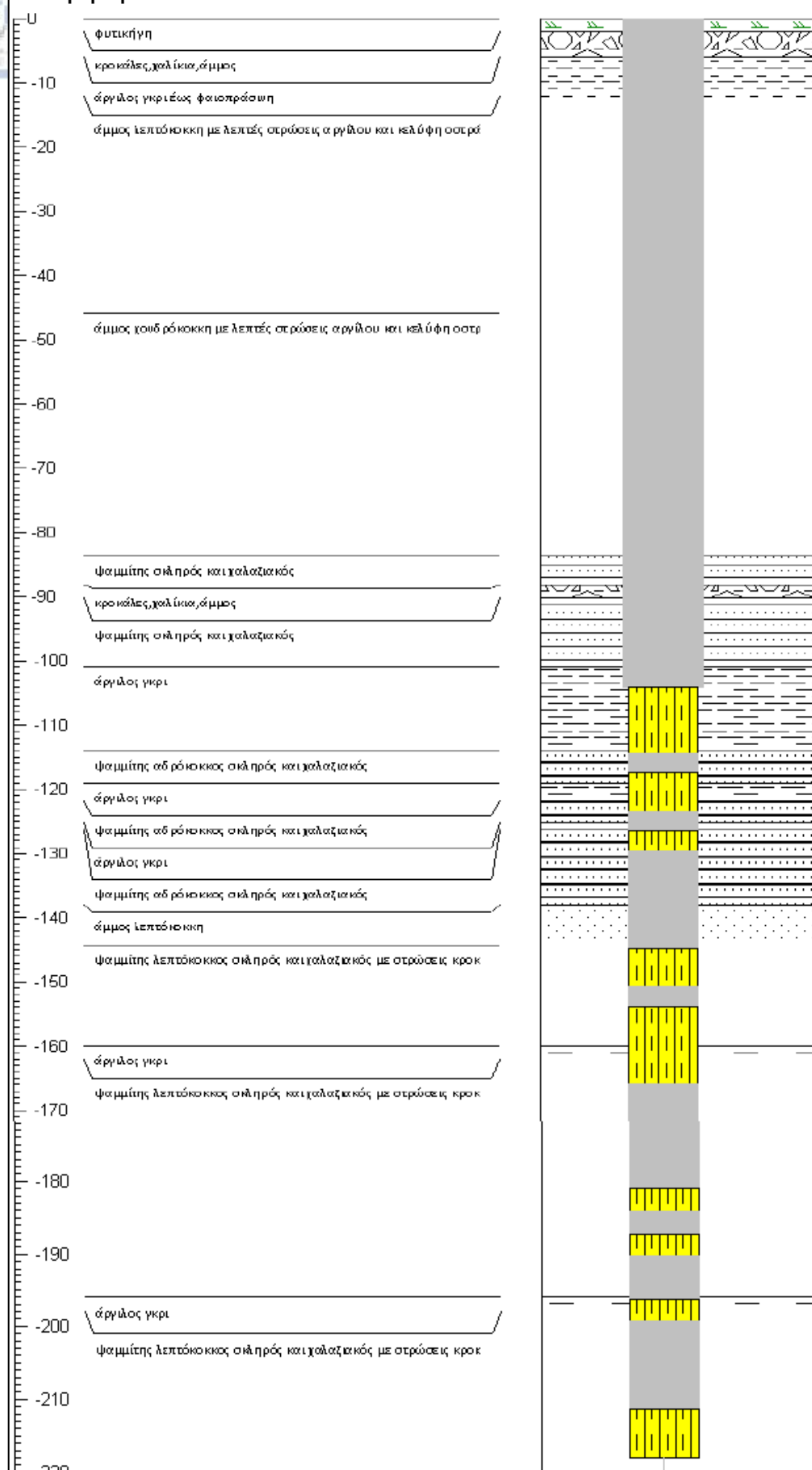
Σχήμα 39: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(m)$ - Χρόνου t (sec)

4.15.Γεώτρηση Σ33– Σίνδος

Γεωλογική τομή της Γεώτρησης Σ33

Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 220m. Όπως φαίνεται στη γεωλογική τομή (Σχήμα 40) στα πρώτα 10m υπάρχουν κροκάλες, χαλίκια, άμμος καθώς και άργιλος γκρι έως φαιοπράσινη. Ακολουθεί σχηματισμός λεπτόκοκκης άμμου με λεπτές στρώσεις αργίλου και όστρακα πάχους 32m και μετά από αυτόν εμφανίζεται σχηματισμός χονδρόκοκκης άμμου με λεπτές στρώσεις αργίλου και όστρακα επίσης μεγάλου πάχους 35m περίπου. Οι σχηματισμοί αυτοί δίνουν υδροφορία στη γεώτρηση όμως όχι τόσο μεγάλη όσο αυτή που δίνουν οι σχηματισμοί του ψαμμίτη ο οποίος εμφανίζεται σε εναλλαγές με άργιλο μέχρι τα 220m και είναι ο σχηματισμός από τον οποίο αναμένεται πολύ υψηλή υδροφορία.

Γεώτρηση Σ33



Σχήμα 40: Γεωλογική τομή γεώτρησης Σ33 (Ε.Υ.Α.Θ.)

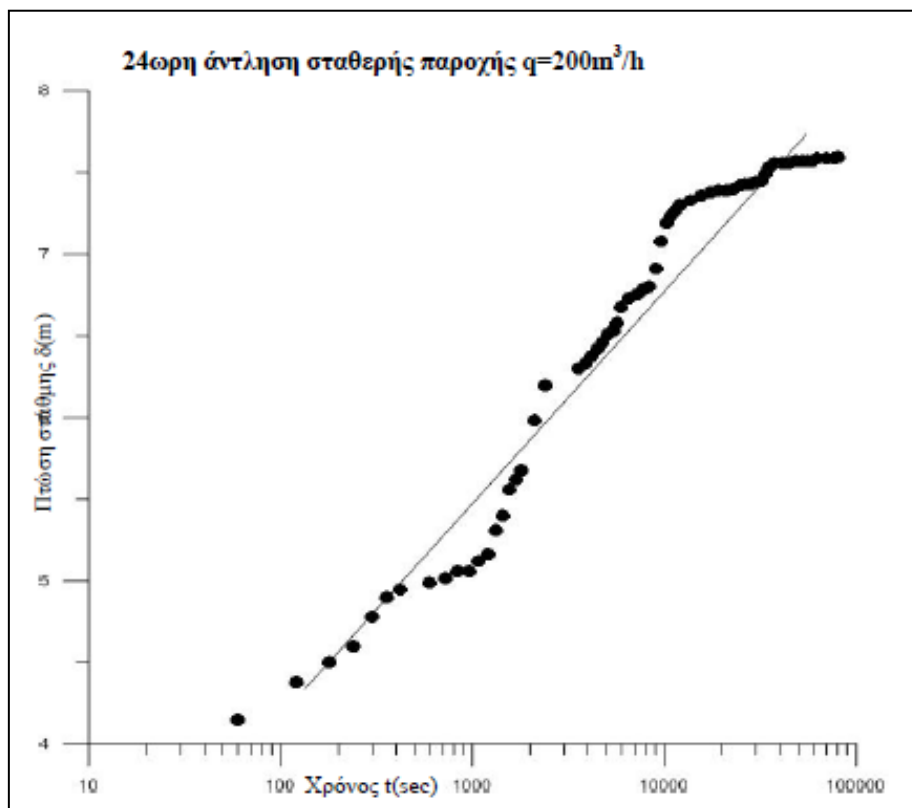
Υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων

- 24ωρη άντληση σταθερής παροχής $200\text{m}^3/\text{h}$

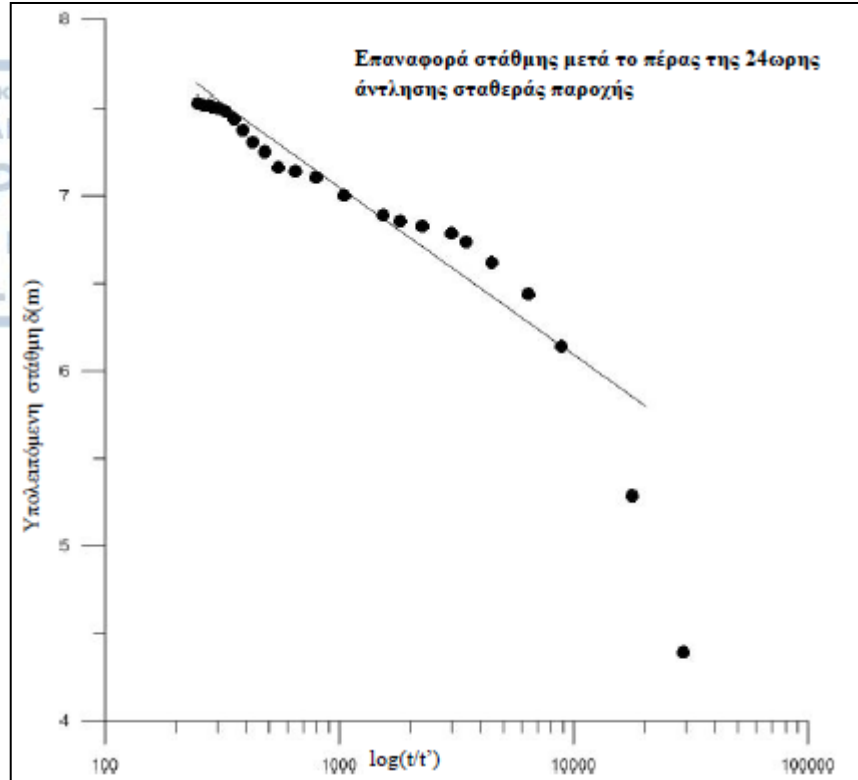
-Πτώση στάθμης: $T = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$

$k = 1,65 \cdot 10^{-2} \text{ m/sec}$ και $S = 5,27 \cdot 10^{-2}$

Επαναφορά της στάθμης: $T = 1,65 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ και $k = 2,73 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$



Σχήμα 41: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(\text{m})$ - Χρόνου $t(\text{sec})$



Σχήμα 42: Διάγραμμα Πτώσης Στάθμης $\delta(m)$ - Χρόνου t (sec)

Ακολουθεί συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων. Ο μέσος όρος των υδραυλικών παραμέτρων θα χρησιμοποιηθεί στη χωρική κατανομή των τιμών επάνω στο γεωλογικό χάρτη.

Γεώτρηση	Μέθοδος Jacob			Μέθοδος Theis			Μέσος όρος		
	T	k	S	T	k	S	T	k	S
A15	3.89	$3.01 \cdot 10^{-4}$	$8.03 \cdot 10^{-3}$	$1.57 \cdot 10^{-2}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$6.13 \cdot 10^{-3}$	$1.95 \cdot 10^{-2}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$	$7.03 \cdot 10^{-3}$
A26	$5.4 \cdot 10^{-2}$	$4.57 \cdot 10^{-3}$	$4.15 \cdot 10^{-3}$	$1.22 \cdot 10^{-3}$	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$3.2 \cdot 10^{-3}$	$2.76 \cdot 10^{-4}$	$3.23 \cdot 10^{-3}$	$3.67 \cdot 10^{-2}$
A27	$2.75 \cdot 10^{-2}$	$2.34 \cdot 10^{-3}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$2.65 \cdot 10^{-3}$	$6.49 \cdot 10^{-4}$	$2.6 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1.49 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$
A29	$6.67 \cdot 10^{-4}$	$4.40 \cdot 10^{-3}$	$5.36 \cdot 10^{-5}$	$7.6 \cdot 10^{-2}$	$6.11 \cdot 10^{-4}$	$6.4 \cdot 10^{-5}$	$3.83 \cdot 10^{-3}$	$5.01 \cdot 10^{-3}$	$5.88 \cdot 10^{-5}$
A31	$2.95 \cdot 10^{-4}$	$4.95 \cdot 10^{-4}$	$1.04 \cdot 10^{-4}$	$1.37 \cdot 10^{-4}$	$4.32 \cdot 10^{-4}$	$2.23 \cdot 10^{-4}$	$2.16 \cdot 10^{-4}$	$4.63 \cdot 10^{-4}$	$1.63 \cdot 10^{-4}$
Γεφ2	$1.73 \cdot 10^{-3}$	$1.88 \cdot 10^{-3}$	$6.53 \cdot 10^{-2}$	$1.96 \cdot 10^{-3}$	$2.94 \cdot 10^{-4}$	$4.43 \cdot 10^{-2}$	$1.84 \cdot 10^{-3}$	$1.08 \cdot 10^{-3}$	$5.48 \cdot 10^{-2}$
Φ51	$2.6 \cdot 10^{-3}$	$2.44 \cdot 10^{-3}$	$1.02 \cdot 10^{-4}$	1.76	$1.14 \cdot 10^{-3}$	$0.96 \cdot 10^{-4}$	$8.81 \cdot 10^{-2}$	$1.79 \cdot 10^{-3}$	$0.99 \cdot 10^{-4}$
Φ60	$5.55 \cdot 10^{-3}$	$6.48 \cdot 10^{-3}$	$2.51 \cdot 10^{-3}$	$2.94 \cdot 10^{-2}$	$2.50 \cdot 10^{-3}$	$1.49 \cdot 10^{-3}$	$1.74 \cdot 10^{-4}$	$4.49 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Φ60A	$2.09 \cdot 10^{-3}$	$3.12 \cdot 10^{-3}$	$1.15 \cdot 10^{-3}$	$1.24 \cdot 10^{-3}$	$7.05 \cdot 10^{-3}$	$2.35 \cdot 10^{-3}$	$1.66 \cdot 10^{-3}$	$5.08 \cdot 10^{-3}$	$1.75 \cdot 10^{-3}$
X01	$1.24 \cdot 10^{-2}$	$2.54 \cdot 10^{-3}$	$6.19 \cdot 10^{-2}$	$2.12 \cdot 10^{-4}$	$2.58 \cdot 10^{-3}$	$7.12 \cdot 10^{-2}$	$6.3 \cdot 10^{-3}$	$2.56 \cdot 10^{-3}$	$6.65 \cdot 10^{-2}$
Θ7	$3.65 \cdot 10^{-3}$	$1.66 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$	$2.84 \cdot 10^{-4}$	$8.48 \cdot 10^{-4}$	$5.4 \cdot 10^{-3}$	$1.96 \cdot 10^{-3}$	$1.25 \cdot 10^{-3}$	$4.4 \cdot 10^{-3}$
E14	$2.95 \cdot 10^{-3}$	$1.57 \cdot 10^{-3}$	$7.71 \cdot 10^{-3}$	$2.2 \cdot 10^{-3}$	$6.6 \cdot 10^{-4}$	$7.32 \cdot 10^{-2}$	$2.57 \cdot 10^{-3}$	$1.11 \cdot 10^{-3}$	$7.51 \cdot 10^{-2}$
ΒΙΠΕΘ	$8.56 \cdot 10^{-3}$	$1.04 \cdot 10^{-4}$	$11.3 \cdot 10^{-4}$	$1.85 \cdot 10^{-3}$	$5.37 \cdot 10^{-3}$	$14.2 \cdot 10^{-4}$	$5.2 \cdot 10^{-3}$	$2.73 \cdot 10^{-3}$	$12.75 \cdot 10^{-4}$
Σ26N	$1.94 \cdot 10^{-3}$	$3.63 \cdot 10^{-4}$	$2.9 \cdot 10^{-3}$	$4.42 \cdot 10^{-3}$	$1.05 \cdot 10^{-4}$	$3.8 \cdot 10^{-3}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$	$2.34 \cdot 10^{-4}$	$3.35 \cdot 10^{-3}$
Σ33	$4.92 \cdot 10^{-3}$	$9.61 \cdot 10^{-3}$	$5.27 \cdot 10^{-2}$	$8.62 \cdot 10^{-3}$	$2.65 \cdot 10^{-4}$	$4.45 \cdot 10^{-2}$	$6.77 \cdot 10^{-3}$	$4.93 \cdot 10^{-3}$	$4.86 \cdot 10^{-2}$

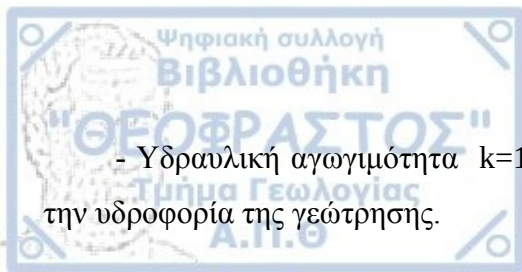
Συνοψίζοντας:

-**Γεώτρηση A15:** Βρίσκεται στη περιοχή του Αξιού. Το βάθος της γεώτρησης είναι 165m. Από τα δεδομένα των αντλήσεων ο συντελεστής k υπολογίστηκε $2.3 \cdot 10^{-4}$ m/sec, η μεταβιβαστικότητα $T = 1.95 \text{ m}^2/\text{sec}$ και ο συντελεστής εναποθήκευσης βρέθηκε $S = 7.03 \cdot 10^{-3}$, άρα η γεώτρηση αυτή προδιαθέτει υψηλή υδροφορία.

-**Γεώτρηση A26:** Βρίσκεται και αυτή στη περιοχή του Αξιού. Το βάθος της γεώτρησης είναι 180 m. Από τα δεδομένα των αντλήσεων ο συντελεστής k υπολογίστηκε $3.23 \cdot 10^{-3}$ m/sec, η μεταβιβαστικότητα $T = 2.76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$ και ο συντελεστής εναποθήκευσης βρέθηκε $S = 3.67 \cdot 10^{-2}$.

Οι τιμές των παραμέτρων σε συνδυασμό με τη λιθολογία της γεώτρησης, δείχνουν υψηλή υδροφορία και μάλλον πρόκειται για υδροφόρο στρώμα υπο πίεση.

-**Γεώτρηση A27:** Βρίσκεται επίσης στη περιοχή του Αξιού ποταμού. Το συνολικό της βάθος είναι 230 m. Από τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν οι υδραυλικοί παράμετροι υπολογίστηκαν:



- Υδραυλική αγωγιμότητα $k=1.49 \cdot 10^{-3}$ m/sec, τιμή αρκετά υψηλή που αντικατοπτρίζει την υδροφορία της γεώτρησης.

-Μεταβιβαστικότητα $T=1,5 \cdot 10^{-4}$ m²/sec, τιμή αρκετά ικανοποιητική.

- Συντελεστής εναποθήκευσης $S=2.1 \cdot 10^{-4}$, τιμή που υποδηλώνει μεγάλη αποθηκευτικότητα.

-Γεώτρηση Α29: Το βάθος αυτής της γεώτρησης έφτασε στα 170m. Με τα δεδομένα που λήφθηκαν υπόψη, έχουμε:

- Υδραυλική αγωγιμότητα $k=5.01 \cdot 10^{-3}$ m/sec, τιμή αρκετά υψηλή που αντικατοπτρίζει την υδροφορία της γεώτρησης.

- Μεταβιβαστικότητα $T=3.83 \cdot 10^{-3}$ m²/sec, τιμή αρκετά ικανοποιητική.

- Συντελεστής εναποθήκευσης $S=5.88 \cdot 10^{-5}$, τιμή που υποδηλώνει μεγάλη αποθηκευτικότητα.

Οι τιμές των υδραυλικών παραμέτρων σε συνδυασμό με τη λιθολογία, όπου έχουμε στρώματα χονδρόκοκκων υλικών με μεγάλο πάχος, υποδηλώνουν μεγάλη υδροφορία στη γεώτρηση.

-Γεώτρηση Α31: Η τοποθεσία της είναι στη περιοχή του Αξιού ποταμού. Δεν υπήρξαν στοιχεία γεωλογικής τομής. Από τα δεδομένα των αντλήσεων ο συντελεστής k υπολογίστηκε $4.63 \cdot 10^{-4}$ m/sec, η μεταβιβαστικότητα $T = 2.16 \cdot 10^{-4}$ m²/sec και ο συντελεστής εναποθήκευσης βρέθηκε $S=1.63 \cdot 10^{-4}$.

Οι τιμές των υδραυλικών παραμέτρων δείχνουν υδροφόρο στρώμα με υψηλή υδροφορία, όπως σε όλες τις γεωτρήσεις που βρίσκονται κατά μήκος του ποταμού.

-Γεώτρηση Γέφυρα 2: Βρίσκεται στο χωριό Γέφυρα και το βάθος της είναι μέχρι τα 240m. . Με τα δεδομένα που λήφθηκαν υπόψη, έχουμε:

- Υδραυλική αγωγιμότητα $k=4.63 \cdot 10^{-4}$ m/sec, τιμή αρκετά υψηλή που αντικατοπτρίζει την υδροφορία της γεώτρησης.

- Μεταβιβαστικότητα $T=2.16 \cdot 10^{-4}$ m²/sec, τιμή αρκετά ικανοποιητική.

- Συντελεστής εναποθήκευσης $S=1.63 \cdot 10^{-4}$, τιμή που υποδηλώνει ικανοποιητική αποθηκευτικότητα.

Οι τιμές των υδραυλικών παραμέτρων σε συνδυασμό με την εμφάνιση στρωμάτων μικρού πάχους λεπτόκοκκης άμμου, αργίλου και αμμοάργιλου, υποδηλώνουν υδροφόρο στρώμα υπο πίεση με αρκετά υψηλή υδροφορία.

-Γεώτρηση Φ51: Βρίσκεται στη περιοχή της Νέας Χαλκηδόνας. Δεν υπήρξαν στοιχεία γεωλογικής τομής. . Από τα δεδομένα των αντλήσεων ο συντελεστής k υπολογίστηκε $1.79 \cdot 10^{-3}$ m/sec, η μεταβιβαστικότητα $T = 8.81 \cdot 10^{-2}$ m²/sec και ο συντελεστής εναποθήκευσης βρέθηκε $S=0.99 \cdot 10^{-4}$. Οι τιμές αυτές δείχνουν ικανοποιητική υδροφορία με μικρή όμως αποθηκευτικότητα.

-Γεώτρηση Φ60: Βρίσκεται επίσης στη περιοχή της Νέας Χαλκηδόνας. Το βάθος της γεώτρησης φτάνει μέχρι τα 143m. Με τα δεδομένα που λήφθηκαν υπόψη, έχουμε:

- Υδραυλική αγωγιμότητα $k=4.49 \cdot 10^{-3}$ m/sec, τιμή αρκετά υψηλή που αντικατοπτρίζει την υδροφορία της γεώτρησης.

- Μεταβιβαστικότητα $T=1.74 \cdot 10^{-4}$ m²/sec, τιμή αρκετά ικανοποιητική.

- Συντελεστής εναποθήκευσης $S=2 \cdot 10^{-3}$, τιμή που υποδηλώνει καλή αποθηκευτικότητα.

Η υδροφορία βρίσκεται στους χονδρόκοκκους σχηματισμούς και λόγω της εμφάνισης στρωμάτων αργίλου, έχουμε ένα υδροφόρο στρώμα υπο πίεση.

-Γεώτρηση Φ60Α: Η τοποθεσία της είναι στη περιοχή της Νέας Χαλκηδόνας και το βάθος διάτρησης της φτάνει στα 190m. Οι σχηματισμοί των χαλικιών και της άμμου με τα χαλίκια είναι αυτοί που δίνουν την υδροφορία στη γεώτρηση. Από τα δεδομένα των αντλήσεων υδραυλική σγωγιμότητα k υπολογίστηκε $5.08 \cdot 10^{-3}$ m/sec, η μεταβιβαστικότητα $T= 1.66 \cdot 10^{-3}$ m²/sec και ο συντελεστής εναποθήκευσης βρέθηκε $S=1.75 \cdot 10^{-3}$. Οι τιμές αυτές δείχνουν ικανοποιητική υδροφορία .

-Γεώτρηση X01: Βρίσκεται στη περιοχή της Χαλκηδόνας. Δεν υπάρχουν στοιχεία γεωλογικής τομής. Με τα δεδομένα που λήφθηκαν υπόψη, έχουμε:

- Υδραυλική αγωγιμότητα $k=2.56 \cdot 10^{-3}$ m/sec, τιμή αρκετά υψηλή που αντικατοπτρίζει την υδροφορία της γεώτρησης.

- Μεταβιβαστικότητα $T=6.3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$, τιμή αρκετά ικανοποιητική.
- Συντελεστής εναποθήκευσης $S=6.65 \cdot 10^{-2}$, τιμή που υποδηλώνει μικρή αποθηκευτικότητα.

-Γεώτρηση Θ7: Η γεώτρηση αυτή κατασκευάστηκε στη περιοχή της Καλαμαριάς και το βάθος της είναι μέχρι τα 240m. Από τα δεδομένα των αντλήσεων η υδραυλική αγωγιμότητα k υπολογίστηκε $1.25 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$, η μεταβιβαστικότητα $T= 1.96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ και ο συντελεστής εναποθήκευσης βρέθηκε $S=4.4 \cdot 10^{-3}$. Οι τιμές αυτές δείχνουν ικανοποιητική υδροφορία . Η υδροφορία προκύπτει από τα στρώματα με του χονδρόκοκκους σχηματισμούς και επειδή υπάρχουν επάλληλα στρώματα αργίλου είναι υπο πίεση.

-Γεώτρηση E14: Βρίσκεται στη περιοχή της Ελεούσας. Το συνολικό της βάθος είναι 240m. Από τα υπάρχοντα δεδομένα υπολογίστηκαν:

- Υδραυλική αγωγιμότητα $k=1.11 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$, τιμή αρκετά υψηλή που υποδηλώνει υψηλή υδροφορία.
- Μεταβιβαστικότητα $T=2.57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$, τιμή αρκετά ικανοποιητική.
- Συντελεστής εναποθήκευσης $S=7.51 \cdot 10^{-2}$, τιμή που υποδηλώνει μικρή αποθηκευτικότητα.

Οι τιμές μπορεί να δείχνουν καλή υδροφορία όμως στο μεγαλύτερο μέρος της η γεώτρηση συναντά αργίλους, άρα θα έχει μικρή παροχή.

-Γεώτρηση ΒΙ.ΠΕ.Θ: Βρίσκεται στη Βιομηχανική περιοχή της Θεσσαλονίκης. Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 180m. Από τα δεδομένα των αντλήσεων ο συντελεστής k υπολογίστηκε $2.73 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$, η μεταβιβαστικότητα $T= 5.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ και ο συντελεστής εναποθήκευσης βρέθηκε $S=12.75 \cdot 10^{-4}$. Οι τιμές αυτές δείχνουν ικανοποιητική υδροφορία. Οι τιμές των υδραυλικών παραμέτρων σε συνδυασμό με την επικράτηση εναλλαγών στρωμάτων αργίλου-άμμου δείχνουν ότι η περιοχή έχει υδροφορία υπο πίεση μικρής υδροπερατότητας και για αυτό επιλέχθηκε για τη κατασκευή του Βιομηχανικού Πάρκου.

- Γεώτρηση Σ26N: Η τοποθεσία της βρίσκεται στη περιοχή της Σίνδου. Το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 200m. Από τα δεδομένα των αντλήσεων η υδραυλική αγωγιμότητα k υπολογίστηκε $2.34 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$, η μεταβιβαστικότητα $T= 3.18 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ και ο συντελεστής εναποθήκευσης βρέθηκε $S=3.35 \cdot 10^{-3}$. Οι τιμές αυτές δείχνουν ότι η υδροφορία

δεν θα είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική. Ωστόσο, στα 70m εμφανίζονται άμμοι και χαλίκια οι οποίοι επικρατούν σε όλο το βάθος της γεώτρησης και υπάρχει εμφάνιση αργίλου στα 135m με σημαντικό πάχος σχηματισμού 25m, άρα η υδροφορία που θα έχουμε από τους χονδρόκοκκους σχηματισμούς θα είναι υπο πίεση και κατ'επέκταση θα έχει μεγάλη παροχή.

- **Γεώτρηση Σ33:** Βρίσκεται επίσης στη περιοχή της Σίνδου και το συνολικό βάθος της γεώτρησης αυτής ήταν μέχρι τα 220m. Με τα δεδομένα που λήφθηκαν υπόψη, έχουμε:

- Υδραυλική αγωγιμότητα $k=4.93 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$, τιμή αρκετά υψηλή που αντικατοπτρίζει την υδροφορία της γεώτρησης.

-Μεταβιβαστικότητα $T=6.77 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$, τιμή αρκετά ικανοποιητική.

- Συντελεστής εναποθήκευσης $S=4.86 \cdot 10^{-4}$, τιμή που υποδηλώνει μικρή αποθηκευτικότητα.

5. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ-ΧΑΡΤΕΣ ΣΤΟ ArcGis

Οι μέθοδοι παρεμβολής εκτιμούν τις τιμές σε περιοχές όπου δεν έχουν ληφθεί δείγματα.

Η χαρτογράφηση και η χωρική ανάλυση συχνά απαιτεί τη μετατροπή μετρήσεων των πεδίων σε συνεχή διαστήματα. Επομένως, τα σετ των δεδομένων των σημείων πρέπει να μετατραπούν σε μία συνεχή μορφή με την χρήση κάποιας μεθόδου παρεμβολής. Τα σφάλματα (errors), ωστόσο, εισέρχονται στη χωρική βάση των δεδομένων αρκετά πριν οποιαδήποτε μέθοδος παρεμβολής εφαρμοστεί στο σετ των δεδομένων. Οι γεωστατιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν στατιστικά μοντέλα για την παραγωγή της χωρικής επιφάνειας, λαμβάνουν υπόψη το χωρικό αυτοσυσχετισμό μεταξύ των δεδομένων και παρέχουν μέτρο της ακρίβειας των εκτιμήσεων. Το σημαντικό πλεονέκτημα των γεωστατιστικών μεθόδων είναι ότι ποσοτικοποιούν και ελαχιστοποιούν το σφάλμα εκτίμησης σε άγνωστα σημεία εκτός του δείγματος των σημειακών μετρήσεων.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι παρεμβολής διαθέσιμες, αλλά εκείνη που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι η μέθοδος Kriging (Μέθοδος Βέλτιστης Παρεμβολής, Oliver and Webster, 1990). Η μέθοδος αυτή θεωρεί τη μεταβολή της μεταβλητής ως τυχαία, εκφράζει την άγνωστη τιμή στο τυχόν σημείο ως γραμμική έκφραση των γνωστών τιμών στις θέσεις των σταθμών και χρησιμοποιεί τη στατιστική μεθοδολογία προκειμένου να εκτιμήσει τους συντελεστές της γραμμικής έκφρασης. Σε αυτές τις μεθόδους, οι στατιστικές υποθέσεις γίνονται για να προσδιορίσουν και να αξιολογήσουν την πολυδιάστατη χωρική δομή των υδρολογικών διαδικασιών (Κυριακίδης, 2007).

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες παραλλαγές της τεχνικής kriging που βοηθούν να αντισταθμιστούν τα αποτελέσματα μιας ομάδας δεδομένων. Στη παρούσα εργασία εφαρμόστηκε το κανονικό Kriging (original kriging), το οποίο αποτελεί την πιο απλή μορφή της μεθόδου, καθώς χρησιμοποιεί γνωστές τιμές μεταβλητών (k , T , S) για να υπολογίσει άλλες άγνωστες τιμές. Βασική παραδοχή της μεθόδου, είναι πως η χωρική τυχαία μεταβλητή είναι στάσιμη (stationary), δηλαδή οι στατιστικές ιδιότητες της είναι αναλλοίωτες στο χώρο. Οι γεωγραφικές θέσεις των γεωτρήσεων X01 (Χορτιάτης) και Θ07 (Θέρμη) αποκλείουν πολύ από τις υπόλοιπες και θα επηρέαζε τη χωρική ανάλυση, για το λόγο αυτό δε συμπεριλαμβάνονται στους χάρτες χωρικής κατανομής.

Στο ArcGIS υπάρχει σχετική εργαλειοθήκη (Geostatistical Analysis) με τις αντίστοιχες εντολές και μεθόδους χωρικής παρεμβολής προκειμένου να εκτιμηθούν χωρικά οι εκάστοτε μεταβλητές που μας ζητούνται και ανφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- **Ordinary – Simple Kriging:** Η πλέον διαδεδομένη, έχει τις παρακάτω παραδοχές:
α) η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή, β) η εκτίμηση είναι αμερόληπτη, γ) μονιμότητα δευτέρου βαθμού, δ1) ο τοπικός μέσος όρος είναι γνωστός (simple), ή δ2) ο τοπικός μέσος είναι άγνωστος (ordinary).
- **Neighbourhood Kriging:** Αν και η τοπική μέση τιμή και διασπορά είναι σταθερές σε όλη την περιοχή, στις περισσότερες εφαρμογές τα δεδομένα περιέχουν τοπικές διακυμάνσεις. Για το λόγο αυτό στην εκτίμηση της άγνωστης τιμής συμμετέχουν τα κοντινότερα σημεία ή αυτά που περιλαμβάνονται στη γύρω περιοχή.
- **Block Kriging:** Η διαφορά της προσέγγισης αυτής από τις προηγούμενες είναι ότι η εκτίμηση της παρεμβολής δεν αναφέρεται σε ένα σημείο αλλά στο μέσο όρο των τιμών που μετρώνται σε μια συγκεκριμένη περιοχή.
- **Μη Γραμμική Kriging:** Στην περίπτωση αυτή η διαδικασία θεωρείται ότι είναι λογαριθμοκανονική, δηλαδή ο λογάριθμός της έχει κανονική κατανομή.
- **Universal Kriging:** Στην περίπτωση αυτή η εκτίμηση της παρεμβολής γίνεται κάτω από την παραδοχή ότι η μέση τιμή δεν είναι σταθερή, όπως στη συνήθη Kriging, αλλά μεταβάλλεται ως συνάρτηση της θέσης.
- **Disjunctive Kriging:** Υπολογίζει για κάθε εκτίμηση και την πιθανότητα η αληθινή τιμή να υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο κατώφλι.
- **Co Kriging:** Η μέθοδος αυτή είναι μια πολυδιάστατη εκδοχή της συνήθους Kriging και αφορά την περίπτωση όπου στο ίδιο σημείο της περιοχής μελέτης μετρώνται περισσότερες από μια μεταβλητές.
- **Multivariate Kriging:** Η μέθοδος του Kriging πολυμεταβλητών αναφέρεται, όπως είναι ευνόητο, στην εφαρμογή της γεωστατιστικής σε μεθόδους ανάλυσης πολυμεταβλητών.
- **Space time Kriging:** Σχετίζεται με την εισαγωγή της χρονικής διάστασης των δεδομένων.

5.1. Χάρτης υδραυλικής αγωγιμότητας k

Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται στις περιοχές τη Σίνδου και της Νέας Χαλκηδόνας, όπου υπάρχει ένα υδροφόρο στρώμα υπό πίεση σε χονδρόκοκκους σχηματισμούς με συνδυασμό την επικράτηση εναλλαγών στρωμάτων αργίλου-άμμου με αποτέλεσμα οι τιμές να είναι μεγαλύτερες. Αντίθετα στην περιοχή του Αξιού ποταμού όπου η υδροφορία

βρίσκεται σε προσχωματικούς σχηματισμούς από λεπτόκοκκα υλικά στους οποίους αναπτύσσεται ένας ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας, οι τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας είναι μικρότερες. Μικρές τιμές παρατηρούνται και σε μέρος της περιοχής της Χαλκηδόνας, όπου εμφανίζονται σχηματισμοί άμμου-ιλύ και αργίλου μικρής υδροπερατότητας.

5.2. Χάρτης μεταβιβαστικότητας T (Transmissivity)

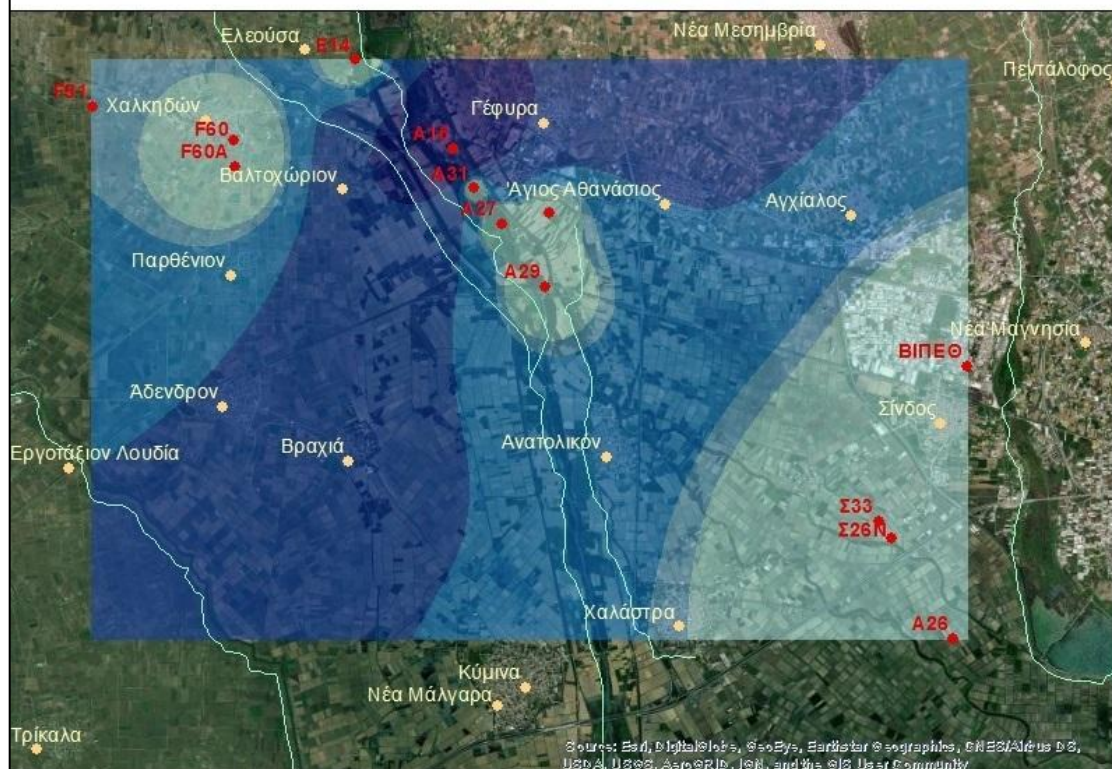
Στην περιοχή του Αξιού εμφανίζονται αρκετά μεγάλες τιμές μεταβιβαστικότητας, οι οποίες οφείλονται στο μεγάλο πάχος των υδροφόρων στρωμάτων και στην μεγάλη υδραυλική αγωγιμότητα των στρωμάτων αυτών γιατί αναπτύσσονται σε χονδρόκοκκα υλικά. Οι μικρότερες τιμές στο χάρτη παρουσιάζονται στην περιοχή της Σίνδου, στην οποία η υδροφορία βρίσκεται στους λεπτόκοκκους σχηματισμούς που βρίσκονται σε επάλληλα στρώματα αργίλου-άμμου και συνδέονται με το γεγονός ότι πρόκειται για υδροφορέα υπό πίεση, όπου οι συνθήκες εμπλουτισμού είναι περιορισμένες.

5.3. Χάρτης αποθηκευτικότητας S (Storativity)

Είναι γνωστόν από τη βιβλιογραφία (Βουδούρης, 2017) ότι οι μεγαλύτερες τιμές (μεταξύ 1-30%) του συντελεστή αποθηκευτικότητας συνδέονται με ελεύθερους υδροφορείς, ενώ οι μικρότερες τιμές (<0,5%) συνδέονται με υποπίεση υπόγειους υδροφορείς. Έτσι, στην περιοχή του Αξιού ποταμού όπου η υδροφορία βρίσκεται σε προσχωματικούς σχηματισμούς οι τιμές είναι μικρότερες πιθανόν λόγω παρεμβολής στρωμάτων αργίλου.

Σε υδροφορείς υπό πίεση (όπου το σύνολο του υδροφορέα είναι κορεσμένο), η μεταβολή του υδραυλικού φορτίου προκαλεί μεταβολή της πίεσης των πόρων και συνεπώς μεταβολή των ενεργών τάσεων. Λόγω της μεταβολής των ενεργών τάσεων, ο όγκος του υδροφορέα μεταβάλλεται (με ισόποση μεταβολή του όγκου των εδαφικών πόρων) και συνεπώς μεταβάλλεται και ο όγκος του ρευστού που περιέχεται εντός των πόρων με αποτέλεσμα ο υδροφορέας να αποδίδει ή να προσροφά ποσότητα ρευστού (Βεράνης, 2009).

ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ-ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ Τ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Μεταβιβαστικότητα Τ
m²/sec

	1.5*10 ⁻⁴ - 2.7*10 ⁻⁴
	2.7*10 ⁻⁴ - 3.1*10 ⁻³
	3.1*10 ⁻³ - 5.2*10 ⁻³
	5.2*10 ⁻³ - 1.9*10 ⁻²
	1.9*10 ⁻² - 8.8*10 ⁻²

• Γεωτρήσεις

— Υδρογραφικό δίκτυο

• Οικισμοί



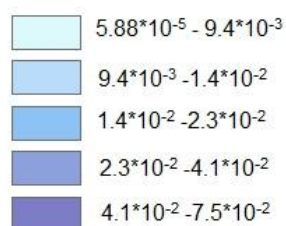
0 2.5 5 10 Kilometers

ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ S



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Αποθηκευτικότητα S



• Γεωτρήσεις

— Υδρογραφικό δίκτυο

• Οικισμοί



0 2.5 5 10 Kilometers

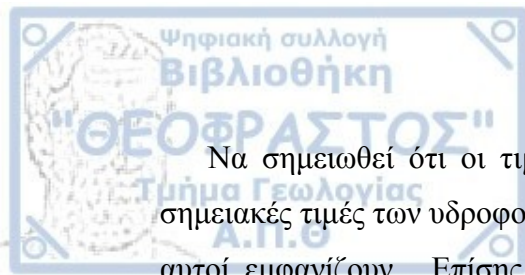
Ο σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας ήταν ο προσδιορισμός των υδραυλικών παραμέτρων από την επεξεργασία αντλητικών δεδομένων και η χωρική τους κατανομή στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης.

Από γεωλογική άποψη, η πεδιάδα αποτελείται από τεταρτογενείς αποθέσεις, που αντιπροσωπεύονται από σύγχρονες λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις, καθώς και ποταμοχερσαίες πλειστοκαινικές αποθέσεις και συστήματα αναβαθμίδων.

Μέσα στα χονδρόκοκκα υλικά των παραπάνω αποθέσεων αναπτύσσονται υπόγειοι υδροφορείς, η δυναμικότητα των οποίων εξαρτάται από το πάχος, την κοκκομετρία τους καθώς και τις συνθήκες τροφοδοσίας τους. Ο εμπλουτισμός των υδροφορέων γίνεται κυρίως από την κατείσδυση μετεωρικού νερού, τη διήθηση από τους ποταμοχειμάρρους της περιοχής και την επιστροφή του νερού των αρδεύσεων.

Από την επεξεργασία των αντλητικών δεδομένων από γεωτρήσεις της ΕΥΑΘ προέκυψαν συνοπτικά τα εξής:

- Οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) κυμαίνονται από 2.3×10^{-4} m/sec έως 5.08×10^{-3} m/sec. Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται σε περιοχές, όπου αναπτύσσονται υδροφόρα στρώματα σε χονδρόκοκκους σχηματισμούς με συνδυασμό την επικράτηση εναλλαγών στρωμάτων αργίλου-άμμου. Αντίθετα σε περιοχές όπου επικρατούν λεπτομερείς φάσεις των υλικών, οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) είναι μικρότερες.
- Οι τιμές της μεταβιβαστικότητας (T) κυμαίνονται από $1,5 \times 10^{-4}$ m²/sec έως $1,95 \times 10^{-2}$ m²/sec. Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται στην περιοχή του Αξιού ποταμού, στην περιοχή του οικισμού Γέφυρα. Οι τιμές αυτές οφείλονται στην υψηλή υδροφορία της περιοχής, λόγω της λιθολογίας (αδρόκοκκα υλικά), καθώς και στο μεγάλο σχετικά πάχος των υδροφόρων στρωμάτων με γρήγορο εμπλουτισμό. Οι μικρότερες τιμές παρουσιάζονται στην περιοχή της Σίνδου, στην οποία η υδροφορία βρίσκεται σε επάλληλα στρώματα αργίλου-άμμου μικρότερου πάχους και υδραυλικής αγωγιμότητας με πιο δυσχερείς συνθήκες τροφοδοσίας.
- Οι τιμές της αποθηκευτικότητας (S) κυμαίνονται από 5.9×10^{-5} έως 7.5×10^{-2} . Οι μεγαλύτερες τιμές (μεταξύ 1-30%) και συνδέονται με ελεύθερους υδροφορείς, ενώ οι μικρότερες τιμές (<0,5%) συνδέονται με υποπίεση υπόγειους υδροφορείς.



Να σημειωθεί ότι οι τιμές των υδραυλικών παραμέτρων αντιπροσωπεύουν τις σημειακές τιμές των υδροφορέων, λόγω της ανισοτροπίας και της ανομοιογένειας που αυτοί εμφανίζουν. Επίσης οι υδραυλικές τιμές προκύπτουν κατά κανόνα από το σύνολο των υδροφόρων στρωμάτων, καθώς έχουν τοποθετηθεί φίλτρα σε όλα τα υδροφόρα στρώματα.

Μελλοντικά, για την καλύτερη προσομοίωση των υπόγειων υδροφορέων της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης θα χρειασθούν περισσότερες δοκιμαστικές αντλήσεις σε γεωτρήσεις της περιοχής.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι ο υπολογισμός υδραυλικών παραμέτρων των υπόγειων υδροφορέων από δεδομένα δοκιμαστικών αντλήσεων, η χωρική κατανομή τους σε θεματικούς χάρτες, καθώς και η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των υδροφορέων.

Για το σκοπό αυτόν επιλέχθηκε η περιοχή της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης και με βάση τα στοιχεία 15 γεωτρήσεων ύδρευσης, τα οποία παραχωρήθηκαν από την Ε.Υ.Α.Θ. έγινε εφαρμογή των μεθόδων Theis, Jacob και επαναφοράς στάθμης. Για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων από κάθε μέθοδο. Στη συνέχεια με χρήση του προγράμματος ArcGis, έγινε ψηφιοποίηση του αντίστοιχου υδρογεωλογικού χάρτη της περιοχής και η απεικόνιση των τιμών των υδραυλικών παραμέτρων από κάθε γεώτρηση.

Τέλος, αναλύονται τα αποτελέσματα ξεχωριστά για κάθε γεώτρηση στην περιοχή μελέτης λαμβάνοντας υπόψη και το υδρογεωλογικό περιβάλλον. Γενικά μεγάλες τιμές μεταβιβασιμότητας εμφανίζονται σε περιοχές όπου αναπτύσσονται υδροφόρα στρώματα μεγάλου πάχους σε αδρόκοκκα υλικά. Όσον αφορά στον συντελεστή αποθηκευτικότητας, οι μεγαλύτερες τιμές (μεταξύ 1-30%) και συνδέονται με ελεύθερους υδροφορείς, ενώ οι μικρότερες τιμές (<0,5%) συνδέονται με υπόπριεση υπόγειους υδροφορείς.

ABSTRACT

This MSc thesis aims to estimate the hydraulic parameters of aquifers from pumping test data, to depict their spatial distribution using digitized maps, as well as to interpret the aquifer storage based on the calculated data.

For this purpose, the valley of Thessaloniki was selected, and based on data from 15 water boreholes provided by EYATH, the methods Theis, Jacob, and recovery tests were applied. In order to calculate the hydraulic parameters the mean results of each method were used. Subsequently, using the ArcGis program, the corresponding hydrogeological map of the area was digitized and the values per drill were displayed. Finally, the results are analyzed separately for each drill in the study area, taking into account the hydrogeological environment. In general, high transitional levels appear in regions where thick aquifer layers in coarse formations are present. As for the storage coefficient, the highest values (between 1-30%) associate with unconfined aquifers, while low values (< 0,5%) with confined aquifers.

PROCESSING PUMPING DATA AND SPATIAL DISTRIBUTION OF HYDRAULIC PARAMETERS OF THE AQUIFER IN THESSALONIKI PLAIN,
Georgia Grigoriadou, School of Geology, Dept. of Geology, 2020

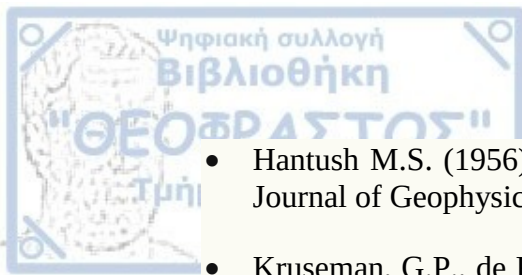
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανατολική Α.Ε., 1998: «Υδρογεωλογική Μελέτη – Μελέτη ισοζυγίου Λεκάνης Ανθεμούντα Ν. Θεσσαλονίκης».
- Ανδρεάδης Ι.- Μορφόπουλος Ζ.(1993):»Τρόπος επεξεργασίας και σχεδίασης διαγραμμάτων των δοκιμαστικών αντλήσεων». Αθήνα
- Βαϊόπουλος Δ.Α., Βασιλόπουλος Α.Π. & Ευελπίδου Ν.Η. (2002): «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών από τη θεωρία στην πράξη». Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών», Αθήνα, σελ.463.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν. (2003-2009): Υδρογεωλογική μελέτη των υδροφόρων συστημάτων της περιοχής της κεντρικής Μακεδονίας. Τόμ. 1 και 2Α. CSF Project «Καταγραφή και αξιολόγηση των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών των υδροφόρων συστημάτων της χώρας». RUCM-IGME, Θεσσαλονίκη, 2010
- Βεράνης Ν., Χρηστίδης Χ., Χρυσάφη Α., Μακροβασίλη Κ.(2012): «Υδρογεωλογικές συνθήκες και ποιότητες υπόγειων νερών στο υδροφόρο σύστημα των ποταμών κάτω ρου Αλιάκμονα-Λουδία, Κ. Μακεδονία, Βόρεια Ελλάδα».
- Βουδούρης Κ., (2009): «Υδρογεωλογική έρευνα ευρύτερης περιοχής Περαίας, Δήμου Θερμαϊκού Ν. Θεσσαλονίκης». Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος.
- Βουδούρης, Κ. (2009). «Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος – Υπόγεια νερά και περιβάλλον», Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Τζιόλα
- Βουδούρης Κ.(2014) : «Εκμετάλλευση και Διαχείριση Υπόγειου Νερού», Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Τζιόλα
- Δημόπουλος Γ., Σούλιος Γ., Βουδούρης Κ.,(2006): Ποιότητα των υπόγειων νερών στο παράκτιο υδροφόρο σύστημα του Θερμαϊκού κόλπου. «Τα περιβαλλοντικά προβλήματα της Θεσσαλονίκης και της ευρύτερης περιοχής: Οι απόψεις του Α.Π.Θ.». Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Συμβουλίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ.1-4 Ιουνίου 2006. Θεσσαλονίκη, 382-388.
- Ευελπίδου Νίκη, Κοτινάς Βασίλειος: Σημειώσεις εργαστηρίου ARCGIS 10.3 (2015): ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
- Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλακάκης Ν. (2003): «Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση του λογισμικού ArcGIS».
- Κουτσόπουλος Κ, Ευελπίδου Ν. & Βασιλόπουλος Α., (2006): «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών - Χρήση του MapInfo Professional», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, σελ. 273
- Kockel F.-Αντωνιάδης Π.-Ιωαννίδης Κ.(1978): «Γεωλογική χαρτογράφηση Ελλάδος. Κλίμακα 1:50.000, φύλλο Θεσσαλονίκη». Εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.
- Κυριακίδης Φαίδων (2007): Χωρική Ανάλυση ,Ενότητα 11: «Γεωστατιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής: Kriging».
- Λατινόπουλος, Π. (1986): «Υδραυλική των υπόγειων ροών», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Λουπασάκης Κ., Σωτηριάδης Μ., Σούλιος Γ. (1997): «Υδροχημικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού της πεδινής περιοχής μεταξύ Θεσσαλονίκης και Ν. Χαλκηδόνας». Πρακτικά 4^{ου} Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, σελ.194-212, Θεσσαλονίκη.

- Μαρία Μανάκου, Πασχάλης Αποστολίδης, Δημήτριος Ραπτάκης, Κυριαζής Πητιλάκης (3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας 5–7 Νοεμβρίου, 2008): «Προσδιορισμός της εδαφικής δομής σε περιοχές του ευρύτερου Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης (Determination of soil structure in the broader urban, Thessaloniki area)».
- Μελαδιώτης Ι. (1984): «Γεωλογική μελέτη του ανατολικού τμήματος πεδιάδας Θεσσαλονίκης-Γιαννιτσών μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, όπου αναπτύσσονται εκμεταλλεύσιμοι υδροφορείς».
- Μέττος Α.-Κουτσουβέλης Α. (1986): «Γεωλογική χαρτογράφηση Ελλάδος, κλίμακα 1:50.000, φύλλο Πλατύ». Εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα
- Μουντράκης, Δ.Μ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, University Studio Press.
- Μουντράκης, Δ.Μ. (2010). Γεωλογία της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, University Studio Press.
- Παπαπέτρου Μ., Σταυρακίδου Ειρ., (2008): «Υδρογεωλογική έρευνα της ευρύτερης περιοχής Περαιάς δήμου Θερμαϊκού». Διπλωματική εργασία. Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ.
- Σούλιος Γ. (1999 Απρίλιος): «Έρευνα αξιοποίησης υδροφόρων στρωμάτων πεδινής περιοχής ενδιαφέροντος Ο.Υ.Θ.», Θεσσαλονίκη
- Σούλιος Γεώργιος Χ. (2010): Γενική υδρογεωλογία «Επιφανειακή υδρολογία: Αποθήκευση και κατανομή του υπόγειου νερού: Οι ροές του υπόγειου νερού». Εκδόσεις :University Studio Press, Τόμος 1
- Σούλιος Γεώργιος (2011): Γενική υδρογεωλογία «Απόθεμα και διαχείριση του υπόγειου νερού». Εκδόσεις : University Studio Press, Τόμος 5
- Σούλιος Γεώργιος (2016): Γενική Υδρογεωλογία ΙΙΙ, Στ. Αποθέματα και διαχείριση του υπογείου νερού, Εκδόσεις: Αφοί Κυριακίδη ΑΕ, Τόμος 3
- Σταμάτης Καλογήρου (2015): «Χωρική Ανάλυση Μεθοδολογία και εφαρμογές με τη γλώσσα R», ΣΕΑΒ
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Μ. (2000): «Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της πεδινής περιοχής δυτικά της Θεσσαλονίκης». Διατριβή ειδίκευσης, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμούρας, Σ. (1991): «Υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης Αξιού». Έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2012): «Ποιότητα επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της χώρας 2000 – 2008».
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2014, Ιανουάριος): 1η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (EL10)

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία:

- Batu, V. (1998). Aquifer Hydraulics – A comprehensive guide to hydrogeologic data analysis, John Wiley & Son Inc, New York, 727 p.
- Christopher J.J. Thiry: Making indexes for map sets using ArcGIS 10.2

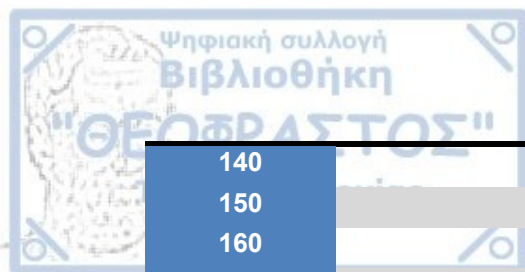


- Hantush M.S. (1956). Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers, Journal of Geophysics, v.37, p.702-714.
- Kruseman, G.P., de Ridder, N.A. (1991). Analysis and evaluation of pumping test data. Publ. No.47, International Institute for Land Reclamation and Improvement ILRI, Wageningen, The Netherlands, 377pp.
- Nikos Veranis : Hydro-geological Study of the aquifer systems of Central Macedonia Region, CSF Project (2003-2009) “Inventory and Assessment of Hydrogeological Character of the aquifer systems of the coun-try”. RUCM-IGME, 15 issues, maps ((in Greek).
- Samani, N., Pasandi, M. (2003). A single recovery type curve from Theis’ exact solution, Ground Water 41, No 5, 602-607

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας Ι: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Α15:

Χρόνος(min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	20.47	6.77	60.00
2	20.7	7	120.00
3	20.78	7.08	180.00
4	20.91	7.21	240.00
5	21	7.3	300.00
6	21.05	7.35	360.00
7	21.08	7.38	420.00
8	21.08	7.38	480.00
9	21.09	7.39	540.00
10	21.11	7.41	600.00
12	21.13	7.43	720.00
14	21.15	7.45	840.00
16	21.18	7.48	960.00
18	21.18	7.48	1080.00
20	21.18	7.48	1200.00
22	21.18	7.48	1320.00
24	21.2	7.5	1440.00
26	21.23	7.53	1560.00
28	21.25	7.55	1680.00
30	21.25	7.55	1800.00
35	21.3	7.6	2100.00
40	21.3	7.6	2400.00
45	21.34	7.64	2700.00
50	21.35	7.65	3000.00
55	21.35	7.65	3300.00
60	21.38	7.68	3600.00
65	21.38	7.68	3900.00
70	21.38	7.68	4200.00
75	21.38	7.68	4500.00
80	21.38	7.68	4800.00
85	21.41	7.71	5100.00
90	21.41	7.71	5400.00
95	21.42	7.72	5700.00
100	21.42	7.72	6000.00
110	21.43	7.73	6600.00
120	21.47	7.77	7200.00
130	21.48	7.78	7800.00



140	21.51	7.81	8400.00
150	21.55	7.85	9000.00
160	21.59	7.89	9600.00
170	21.61	7.91	10200.00
180	21.64	7.94	10800.00
190	21.77	8.07	11400.00
200	21.77	8.07	12000.00
230	21.77	8.07	13800.00
260	21.77	8.07	15600.00
290	21.78	8.08	17400.00
320	21.79	8.09	19200.00
350	21.8	8.1	21000.00
380	21.8	8.1	22800.00
410	21.8	8.1	24600.00
440	21.81	8.11	26400.00
470	21.81	8.11	28200.00
500	21.82	8.12	30000.00
530	21.82	8.12	31800.00
560	21.83	8.13	33600.00
590	21.88	8.18	35400.00
630	21.91	8.21	37800.00
690	21.93	8.23	41400.00
750	21.93	8.23	45000.00
810	21.97	8.27	48600.00
930	21.98	8.28	55800.00
990	22	8.3	59400.00
1050	22	8.3	63000.00
1290	22	8.3	77400.00
1350	22	8.3	81000.00
1410	22	8.3	84600.00
1470	22	8.3	88200.00

Πίνακας II: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Α26:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	53.60	12.80	60.00
2	53.98	13.18	120.00
3	54.18	13.38	180.00
4	54.25	13.45	240.00
5	54.41	13.61	300.00
6	54.95	14.15	360.00
7	55.05	14.25	420.00
8	55.85	15.05	480.00
9	56.17	15.37	540.00
10	56.50	15.70	600.00
12	56.75	15.95	720.00
14	56.99	16.19	840.00
16	57.23	16.43	960.00
18	57.66	16.86	1080.00
20	57.96	17.16	1200.00
22	58.17	17.37	1320.00
24	58.30	17.50	1440.00
26	58.40	17.60	1560.00
28	58.48	17.68	1680.00
30	58.52	17.72	1800.00
35	58.58	17.78	2100.00
40	58.63	17.83	2400.00
45	58.68	17.88	2700.00
50	58.73	17.93	3000.00
55	58.79	17.99	3300.00
60	58.86	18.06	3600.00
65	58.94	18.14	3900.00
70	59.04	18.24	4200.00
75	59.13	18.33	4500.00
80	59.18	18.38	4800.00
85	59.22	18.42	5100.00
90	59.30	18.50	5400.00
95	59.34	18.54	5700.00
100	59.38	18.58	6000.00
110	59.44	18.64	6600.00
120	59.56	18.76	7200.00
130	59.64	18.84	7800.00
140	59.72	18.92	8400.00
150	59.81	19.01	9000.00
160	59.86	19.06	9600.00
170	59.92	19.12	10200.00
180	59.97	19.17	10800.00
190	59.99	19.19	11400.00
200	60.02	19.22	12000.00
230	60.07	19.27	13800.00
260	60.15	19.35	15600.00
290	60.18	19.38	17400.00
320	60.22	19.42	19200.00
350	60.26	19.46	21000.00
380	60.30	19.50	22800.00
410	60.35	19.55	24600.00
440	60.4	19.60	26400.00
470	60.47	19.67	28200.00
500	60.53	19.73	30000.00

530	60.67	19.87	31800.00
560	60.72	19.92	33600.00
590	60.79	19.99	35400.00
630	60.86	20.06	37800.00
690	60.91	20.11	41400.00
750	60.97	20.17	45000.00
810	61.04	20.24	48600.00
870	61.12	20.32	52200.00
930	61.20	20.40	55800.00
990	61.25	20.45	59400.00
1050	61.27	20.47	63000.00
1110	50.42	9.62	66600.00
1170	61.30	20.50	70200.00
1230	61.31	20.51	73800.00
1290	61.31	20.51	77400.00
1350	61.32	20.52	81000.00
1410	61.32	20.52	84600.00
1470	61.32	20.52	88200.00

Πίνακας III: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης A27:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	23.97	11.54	60.00
2	25.03	12.60	120.00
3	25.86	13.43	180.00
4	26.40	13.97	240.00
5	26.96	14.53	300.00
6	27.32	14.89	360.00
7	27.61	15.18	420.00
8	27.88	15.45	480.00
9	28.11	15.68	540.00
10	28.33	15.90	600.00
12	28.50	16.07	720.00
14	28.66	16.23	840.00
16	28.81	16.38	960.00
18	28.95	16.52	1080.00
20	29.10	16.67	1200.00
22	29.26	16.83	1320.00
24	29.42	16.99	1440.00
26	29.57	17.14	1560.00
28	29.72	17.29	1680.00
30	29.90	17.47	1800.00
35	30.23	17.80	2100.00
40	30.55	18.12	2400.00
45	30.77	18.34	2700.00
50	30.97	18.54	3000.00
55	31.23	18.80	3300.00
60	31.36	18.93	3600.00
65	31.55	19.12	3900.00
70	31.73	19.30	4200.00
75	31.90	19.47	4500.00
80	32.08	19.65	4800.00
85	32.23	19.80	5100.00
90	32.39	19.96	5400.00
95	32.55	20.12	5700.00
100	32.64	20.21	6000.00
110	32.80	20.37	6600.00
120	32.97	20.54	7200.00
130	33.11	20.68	7800.00

140	33.23	20.80	8400.00
150	33.36	20.93	9000.00
160	33.47	21.04	9600.00
170	33.57	21.14	10200.00
180	33.68	21.25	10800.00
190	33.77	21.34	11400.00
200	33.85	21.42	12000.00
230	33.93	21.50	13800.00
260	34.06	21.63	15600.00
290	34.09	21.66	17400.00
320	34.31	21.88	19200.00
350	34.42	21.99	21000.00
380	34.52	22.09	22800.00
410	34.61	22.18	24600.00
440	34.7	22.27	26400.00
470	34.78	22.35	28200.00
500	34.86	22.43	30000.00
530	34.93	22.50	31800.00
560	35.22	22.79	33600.00
590	35.06	22.63	35400.00
630	35.11	22.68	37800.00
690	35.16	22.73	41400.00
750	35.2	22.77	45000.00
810	35.23	22.80	48600.00
870	35.25	22.82	52200.00
930	35.27	22.84	55800.00
990	35.29	22.86	59400.00
1050	35.30	22.87	63000.00
1110	35.31	22.88	66600.00
1170	35.31	22.88	70200.00
1230	35.31	22.88	73800.00
1290	35.32	22.89	77400.00
1350	35.32	22.89	81000.00
1410	35.32	22.89	84600.00
1470	35.32	22.89	88200.00

Πίνακας IV: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Α29:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	23.97	11.54	60.00
2	25.03	12.60	120.00
3	25.86	13.43	180.00
4	26.40	13.97	240.00
5	26.96	14.53	300.00
6	27.32	14.89	360.00
7	27.61	15.18	420.00
8	27.88	15.45	480.00

9	28.11	15.68	540.00
10	28.33	15.90	600.00
12	28.50	16.07	720.00
14	28.66	16.23	840.00
16	28.81	16.38	960.00
18	28.95	16.52	1080.00
20	29.10	16.67	1200.00
22	29.26	16.83	1320.00
24	29.42	16.99	1440.00
26	29.57	17.14	1560.00
28	29.72	17.29	1680.00
30	29.90	17.47	1800.00
35	30.23	17.80	2100.00
40	30.55	18.12	2400.00
45	30.77	18.34	2700.00
50	30.97	18.54	3000.00
55	31.23	18.80	3300.00
60	31.36	18.93	3600.00
65	31.55	19.12	3900.00
70	31.73	19.30	4200.00
75	31.90	19.47	4500.00
80	32.08	19.65	4800.00
85	32.23	19.80	5100.00
90	32.39	19.96	5400.00
95	32.55	20.12	5700.00
100	32.64	20.21	6000.00
110	32.80	20.37	6600.00
120	32.97	20.54	7200.00
130	33.11	20.68	7800.00
140	33.23	20.80	8400.00
150	33.36	20.93	9000.00
160	33.47	21.04	9600.00
170	33.57	21.14	10200.00
180	33.68	21.25	10800.00
190	33.77	21.34	11400.00
200	33.85	21.42	12000.00
230	33.93	21.50	13800.00
260	34.06	21.63	15600.00
290	34.09	21.66	17400.00
320	34.31	21.88	19200.00
350	34.42	21.99	21000.00
380	34.52	22.09	22800.00
410	34.61	22.18	24600.00
440	34.7	22.27	26400.00
470	34.78	22.35	28200.00
500	34.86	22.43	30000.00
530	34.93	22.50	31800.00
560	35.22	22.79	33600.00
590	35.06	22.63	35400.00
630	35.11	22.68	37800.00
690	35.16	22.73	41400.00
750	35.2	22.77	45000.00
810	35.23	22.80	48600.00

870	35.25	22.82	52200.00
930	35.27	22.84	55800.00
990	35.29	22.86	59400.00
1050	35.30	22.87	63000.00
1110	35.31	22.88	66600.00
1170	35.31	22.88	70200.00
1230	35.31	22.88	73800.00
1290	35.32	22.89	77400.00
1350	35.32	22.89	81000.00
1410	35.32	22.89	84600.00
1470	35.32	22.89	88200.00

Πίνακας V: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Γέφυρα 2:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	54.83	9.52	60
2	55.3	9.99	120
3	55.61	10.3	180
4	55.86	10.55	240
5	56.05	10.74	300
6	56.22	10.91	360
7	56.35	11.04	420
8	56.44	11.13	480
9	56.58	11.27	540
10	56.7	11.39	600
12	56.97	11.66	720
14	57.18	11.87	840
16	57.31	12	960
18	57.54	12.23	1080
20	57.64	12.33	1200
22	57.81	12.5	1320
24	57.91	12.6	1440
26	58.08	12.77	1560
28	58.18	12.87	1680
30	58.28	12.97	1800
35	58.54	13.23	2100
40	58.81	13.5	2400
45	58.99	13.68	2700
50	59.05	13.74	3000
55	59.33	14.02	3300
60	59.4	14.09	3600
65	59.5	14.19	3900

70	59.61	14.3	4200
75	59.68	14.37	4500
80	59.79	14.48	4800
85	59.83	14.52	5100
90	59.9	14.59	5400
95	60.05	14.74	5700
100	60.09	14.78	6000
110	60.24	14.93	6600
120	60.34	15.03	7200
130	60.44	15.13	7800
140	60.63	15.32	8400
150	60.79	15.48	9000
160	60.96	15.65	9600
170	61.02	15.71	10200
180	61.06	15.75	10800
190	61.12	15.81	11400
200	61.18	15.87	12000
230	61.34	16.03	13800
260	61.55	16.24	15600
290	61.74	16.43	17400
320	61.9	16.59	19200
350	62.05	16.74	21000
380	62.17	16.86	22800
410	62.3	16.99	24600
440	62.42	17.11	26400
470	62.57	17.26	28200
500	62.68	17.37	30000
530	62.8	17.49	31800
560	62.89	17.58	33600
590	63	17.69	35400
630	63.1	17.79	37800
750	63.2	17.89	45000
810	63.35	17.94	48600
870	63.5	18.19	52200
930	63.55	18.24	55800
990	63.6	18.29	59400
1050	63.65	18.34	63000
1110	63.7	18.39	66600
1170	63.75	18.44	70200
1230	63.78	18.47	73800
1290	63.8	18.49	77400
1290	63.8	18.49	77400
1350	63.8	18.49	81000
1410	63.8	18.49	84600

1470	63.71	18.4	88200
1530	63.7	18.39	91800

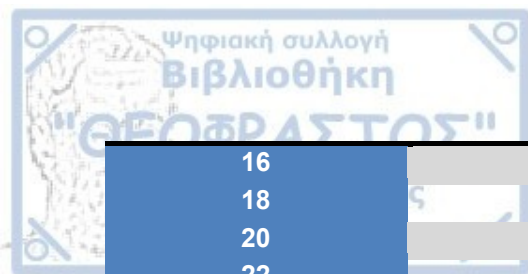
Πίνακας VI: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Φ51:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	25.00	9.64	60.00
2	30.00	14.64	120.00
3	33.00	17.64	180.00
4	35.69	20.33	240.00
5	36.08	20.72	300.00
6	36.22	20.86	360.00
7	36.37	21.01	420.00
8	36.42	21.06	480.00
9	36.58	21.22	540.00
10	36.60	21.24	600.00
12	36.66	21.30	720.00
14	36.74	21.38	840.00
16	36.92	21.56	960.00
18	36.98	21.62	1080.00
20	37.05	21.69	1200.00
22	37.10	21.74	1320.00
24	37.16	21.80	1440.00
26	37.24	21.88	1560.00
28	37.29	21.93	1680.00
30	37.32	21.96	1800.00
35	37.38	22.02	2100.00
40	37.48	22.12	2400.00
45	37.56	22.20	2700.00
50	37.64	22.28	3000.00
55	37.70	22.34	3300.00
60	37.75	22.39	3600.00
65	37.78	22.42	3900.00
70	37.80	22.44	4200.00
75	37.86	22.50	4500.00
80	37.90	22.54	4800.00
85	37.92	22.56	5100.00
90	37.94	22.58	5400.00
95	37.96	22.60	5700.00
100	37.98	22.62	6000.00
110	38.01	22.65	6600.00
120	38.05	22.69	7200.00
130	38.10	22.74	7800.00
140	38.17	22.81	8400.00
150	38.24	22.88	9000.00
160	38.25	22.89	9600.00
170	38.28	22.92	10200.00
180	38.33	22.97	10800.00
190	38.35	22.99	11400.00
200	38.37	23.01	12000.00

230	38.41	23.05	13800.00
260	38.51	23.15	15600.00
290	38.62	23.26	17400.00
320	38.70	23.34	19200.00
350	38.70	23.34	21000.00
380	38.70	23.34	22800.00
410	38.72	23.36	24600.00
440	38.8	23.44	26400.00
470	38.85	23.49	28200.00
500	38.39	23.03	30000.00
530	38.95	23.59	31800.00
560	38.96	23.60	33600.00
590	38.96	23.60	35400.00
630	38.97	23.61	37800.00
690	38.97	23.61	41400.00
750	39.02	23.66	45000.00
810	39.02	23.66	48600.00
870	39.03	23.67	52200.00
930	39.03	23.67	55800.00
990	39.03	23.67	59400.00
1050	39.03	23.67	63000.00
1110	39.03	23.67	66600.00
1170	39.03	23.67	70200.00
1230	39.04	23.68	73800.00
1290	39.04	23.68	77400.00
1350	39.04	23.68	81000.00
1410	39.04	23.68	84600.00
1470	39.04	23.68	88200.00

Πίνακας VII: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Φ60Α:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	27.60	10.02	60.00
2	27.85	10.27	120.00
3	27.98	10.40	180.00
4	28.10	10.52	240.00
5	28.18	10.60	300.00
6	28.24	10.66	360.00
7	28.30	10.72	420.00
8	28.30	10.72	480.00
9	28.55	10.97	540.00
10	28.76	11.18	600.00
12	28.83	11.25	720.00
14	28.92	11.34	840.00



16	28.97	11.39	960.00
18	28.98	11.40	1080.00
20	29.03	11.45	1200.00
22	29.06	11.48	1320.00
24	29.09	11.51	1440.00
26	29.11	11.53	1560.00
28	29.14	11.56	1680.00
30	29.17	11.59	1800.00
35	29.22	11.64	2100.00
40	29.31	11.73	2400.00
45	29.45	11.87	2700.00
50	29.47	11.89	3000.00
55	29.53	11.95	3300.00
60	29.55	11.97	3600.00
65	29.57	11.99	3900.00
70	29.58	12.00	4200.00
75	29.60	12.02	4500.00
80	29.61	12.03	4800.00
85	29.61	12.03	5100.00
90	29.62	12.04	5400.00
95	29.63	12.05	5700.00
100	29.65	12.07	6000.00
110	29.67	12.09	6600.00
120	29.69	12.11	7200.00
130	29.72	12.14	7800.00
140	29.74	12.16	8400.00
150	29.74	12.16	9000.00
160	29.46	11.88	9600.00
170	29.76	12.18	10200.00
180	29.78	12.20	10800.00
190	29.79	12.21	11400.00
200	29.81	12.23	12000.00
230	29.84	12.26	13800.00
260	29.86	12.28	15600.00
290	29.87	12.29	17400.00
320	29.89	12.31	19200.00
350	29.92	12.34	21000.00
380	29.93	12.35	22800.00
410	29.95	12.37	24600.00
440	29.96	12.38	26400.00
470	29.96	12.38	28200.00
500	29.97	12.39	30000.00
530	29.98	12.40	31800.00
560	29.97	12.39	33600.00
590	29.97	12.39	35400.00
630	29.97	12.39	37800.00
690	29.97	12.39	41400.00

750	29.97	12.39	45000.00
810	29.97	12.39	48600.00
870	29.97	12.39	52200.00
930	29.97	12.39	55800.00
990	29.97	12.39	59400.00
1050	29.97	12.39	63000.00
1110	29.98	12.40	66600.00
1170	29.97	12.39	70200.00
1230	29.97	12.39	73800.00
1290	29.97	12.39	77400.00
1350	29.97	12.39	81000.00
1410	29.98	12.40	84600.00

Πίνακας VIII: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης X01:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	31.11	22.91	60.00
2	31.12	22.92	120.00
3	31.13	22.93	180.00
4	31.91	23.71	240.00
5	32.02	23.82	300.00
6	32.09	23.89	360.00
7	32.18	23.98	420.00
8	32.26	24.06	480.00
9	32.30	24.10	540.00
10	32.41	24.21	600.00
12	32.57	24.37	720.00
14	32.67	24.47	840.00
16	32.73	24.53	960.00
18	32.76	24.56	1080.00
20	32.82	24.62	1200.00
22	32.89	24.69	1320.00
24	32.94	24.74	1440.00
26	32.96	24.76	1560.00
28	33.01	24.81	1680.00
30	33.02	24.82	1800.00
35	33.10	24.90	2100.00
40	33.21	25.01	2400.00
45	33.27	25.07	2700.00
50	33.57	25.37	3000.00
55	33.72	25.52	3300.00
60	33.90	25.70	3600.00
65	34.00	25.80	3900.00
70	34.06	25.86	4200.00
75	34.12	25.92	4500.00
80	34.14	25.94	4800.00

85	34.17	25.97	5100.00
90	34.20	26.00	5400.00
95	34.23	26.03	5700.00
100	34.27	26.07	6000.00
140	34.43	26.23	8400.00
150	34.45	26.25	9000.00
160	34.47	26.27	9600.00
170	34.48	26.28	10200.00
180	34.49	26.29	10800.00
190	34.51	26.31	11400.00
200	34.52	26.32	12000.00
230	34.56	26.36	13800.00
260	34.59	26.39	15600.00
290	34.63	26.43	17400.00
320	34.67	26.47	19200.00
350	34.68	26.48	21000.00
380	34.69	26.49	22800.00
410	34.71	26.51	24600.00
440	34.73	26.53	26400.00
470	34.75	26.55	28200.00
500	34.77	26.57	30000.00
530	34.82	26.62	31800.00
560	34.92	26.72	33600.00
590	35.09	26.89	35400.00
630	35.10	26.90	37800.00
690	35.14	26.94	41400.00
750	35.29	27.09	45000.00
810	35.30	27.10	48600.00
870	35.30	27.10	52200.00
930	35.30	27.10	55800.00
990	35.30	27.10	59400.00
1050	35.30	27.10	63000.00
1110	35.30	27.10	66600.00
1170	35.30	27.10	70200.00

Πίνακας ΙΧ: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Θ7:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)
1	37.10	3.61
2	38.04	4.55
3	39.09	5.60
4	39.78	6.29
5	40.31	6.82
6	40.70	7.21
7	41.01	7.52
8	41.31	7.82
9	41.57	8.08

10	41.80	8.31
12	42.19	8.70
14	42.51	9.02
16	42.83	9.34
18	43.11	9.62
20	43.37	9.88
22	43.59	10.10
24	43.82	10.33
26	44.00	10.51
28	44.16	10.67
30	44.33	10.84
35	44.75	11.26
40	45.00	11.51
45	45.38	11.89
50	45.63	12.14
55	45.89	12.4
60	46.12	12.63
65	46.45	12.96
70	46.78	13.29
75	47.03	13.54
80	47.23	13.74
85	47.55	14.06
90	47.72	14.23
95	47.77	14.28
100	48.11	14.62
110	48.38	14.89
120	48.72	15.23
130	49.07	15.58
140	49.35	15.86
150	49.61	16.12
160	49.77	16.28
170	50.04	16.55
180	50.21	16.72
190	50.37	16.88
200	50.60	17.11
230	51.04	17.55
260	51.55	18.06
290	51.95	18.46
320	52.50	19.01
350	52.80	19.31
380	53.18	19.69
410	53.52	20.03
440	53.79	20.30
470	53.98	20.49
500	54.24	20.75
530	54.46	20.97
560	54.67	21.18
600	54.93	21.44
660	55.24	21.75
720	55.43	21.94
780	55.69	22.20
840	55.96	22.47
900	56.23	22.74

960	56.4	22.91
1020	56.64	23.15
1080	56.8	23.31
1140	56.93	23.44
1200	57.12	23.63
1260	52.26	18.77
1320	57.39	23.90
1380	57.56	24.07
1140	57.61	24.12
1500	57.7	24.21
1500	57.7	24.21

Πίνακας X: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης E14:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1			
2	48.80	25.92	120.00
3	54.95	32.07	180.00
4	58.00	35.12	240.00
5	59.27	36.39	300.00
6	58.80	35.92	360.00
7	59.22	36.34	420.00
8	60.48	37.60	480.00
9	61.91	39.03	540.00
10	62.55	39.67	600.00
12	65.41	42.53	720.00
14	67.11	44.23	840.00
16	69.22	46.34	960.00
18	70.92	48.04	1080.00
20	72.24	49.36	1200.00
22	74.34	51.46	1320.00
24	74.94	52.06	1440.00
26	76.82	53.94	1560.00
28	77.77	54.89	1680.00
30	78.25	55.37	1800.00
35	78.04	55.16	2100.00
40	78.40	55.52	2400.00
45	80.10	57.22	2700.00
50	80.59	57.71	3000.00
55	81.80	58.92	3300.00
60	83.22	60.34	3600.00
65	84.05	61.17	3900.00

70	84.67	61.79	4200.00
75	85.20	62.32	4500.00
90	86.63	63.75	5400.00
100	88.42	65.54	6000.00
110	88.73	65.85	6600.00
120	88.82	65.94	7200.00
130	88.95	66.07	7800.00
140	89.14	66.26	8400.00
150	90.70	67.82	9000.00
180	91.85	68.97	10800.00
210	92.08	69.20	12600.00
240	92.20	69.32	14400.00
270	92.37	69.49	16200.00
300	92.51	69.63	18000.00
330	92.62	69.74	19800.00
360	92.64	69.76	21600.00
390	92.68	69.80	23400.00
420	92.74	69.86	25200.00
450	92.78	69.90	27000.00
480	92.80	69.92	28800.00
510	92.81	69.93	30600.00
540	92.80	69.92	32400.00
570	92.80	69.92	34200.00
600	92.82	69.94	36000.00
660	92.78	69.90	39600.00
720	92.75	69.87	43200.00
780	92.76	69.88	46800.00
840	92.77	69.89	50400.00
900	92.75	69.87	54000.00
960	92.74	69.86	57600.00
1020	92.72	69.84	61200.00
1080	92.65	69.77	64800.00
1140	92.66	69.78	68400.00
1200	92.66	69.78	72000.00
1260	92.62	69.74	75600.00
1320	92.60	69.72	79200.00
1380	92.55	69.67	82800.00
1440	92.48	69.60	86400.00

Πίνακας XI: Δεδομένα 24ωρης άντλησης Γεώτρησης ΒΙΠΕΘ:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	35.92	1.52	60
2	35.99	1.59	120
3	36.08	1.68	180
4	36.2	1.8	240
5	36.25	1.85	300
6	36.29	1.89	360
7	36.32	1.92	420
8	36.38	1.98	480
9	36.55	2.15	540
10	36.59	2.19	600
12	36.52	2.12	720
14	36.59	2.19	840
16	36.63	2.23	960
18	36.68	2.28	1080
20	36.71	2.31	1200
22	36.72	2.32	1320
24	36.74	2.34	1440
26	36.8	2.4	1560
28	36.8	2.4	1680
30	36.83	2.43	1800
35	36.89	2.49	2100
40	36.89	2.49	2400
45	36.95	2.55	2700
50	36.97	2.57	3000
55	37.01	2.61	3300
60	37.03	2.63	3600
65	37.12	2.72	3900
70	37.19	2.79	4200
75	37.19	2.79	4500
80	37.21	2.81	4800
85	37.2	2.8	5100
90	37.24	2.84	5400
95	37.26	2.86	5700
100	37.3	2.9	6000
110	37.33	2.93	6600
120	37.39	2.99	7200
130	37.42	3.02	7800
140	37.49	3.09	8400
150	37.51	3.11	9000
160	37.58	3.18	9600

170	37.62	3.22	10200
180	37.69	3.29	10800
190	37.74	3.34	11400
200	37.75	3.35	12000
230	37.87	3.47	13800
260	37.92	3.52	15600
290	37.98	3.58	17400
320	38.09	3.69	19200
350	38.22	3.82	21000
380	38.3	3.9	22800
410	38.37	3.97	24600
440	38.37	3.97	26400
470	38.39	3.99	28200
500	38.43	4.03	30000
530	38.44	4.04	31800
560	38.45	4.05	33600
590	38.47	4.07	35400
630	38.47	4.07	37800
690	38.48	4.08	41400
750	38.49	4.09	45000
810	38.49	4.09	48600
870	38.5	4.1	52200
930	38.51	4.11	55800
990	38.5	4.1	59400
1050	38.51	4.11	63000
1110	38.51	4.11	66600
1170	38.5	4.1	70200
1230	38.51	4.11	73800
1290	38.51	4.11	77400
1350	38.51	4.11	81000
1410	38.51	4.11	84600

Πίνακας XII: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Σ26Ν:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	38.59	4.49	60
2	38.98	4.88	120
3	38.98	4.88	180
4	39.1	5	240
5	39.23	5.13	300
6	39.31	5.21	360
7	39.37	5.27	420
8	39.44	5.34	480
9	39.5	5.4	540
10	39.54	5.44	600
12	39.61	5.51	720
14	39.67	5.57	840
16	39.7	5.6	960
18	39.76	5.66	1080
20	39.78	5.68	1200
22	39.82	5.72	1320
24	39.86	5.76	1440
26	39.89	5.79	1560
28	39.93	5.83	1680
30	39.95	5.85	1800
35	40	5.9	2100
40	40.07	5.97	2400
45	40.11	6.01	2700
50	40.15	6.05	3000
55	40.23	6.13	3300
60	40.27	6.17	3600
65	40.32	6.22	3900
70	40.37	6.27	4200
75	40.41	6.31	4500
80	40.45	6.35	4800
85	40.52	6.42	5100
90	40.53	6.43	5400
95	40.57	6.47	5700
100	40.62	6.52	6000
105	40.67	6.57	6300
110	40.7	6.6	6600
115	40.71	6.61	6900
120	40.73	6.63	7200
130	40.76	6.66	7800
140	40.9	6.8	8400

150	40.9	6.8	9000
160	40.94	6.84	9600
170	41	6.9	10200
180	41.03	6.93	10800
190	41.07	6.97	11400
200	41.16	7.06	12000
230	41.24	7.14	13800
260	41.34	7.24	15600
290	41.42	7.32	17400
320	41.58	7.48	19200
350	41.74	7.64	21000
380	41.79	7.69	22800
410	41.9	7.8	24600
440	42	7.9	26400
470	42.1	8	28200
500	42.2	8.1	30000
530	42.29	8.19	31800
560	42.38	8.28	33600
590	42.45	8.35	35400
630	42.55	8.45	37800
690	42.65	8.55	41400
750	42.74	8.64	45000
810	42.85	8.75	48600
870	42.96	8.86	52200
930	43.07	8.97	55800
990	43.14	9.04	59400
1020	43.25	9.15	61200
1110	43.3	9.2	66600
1170	43.36	9.26	70200
1230	43.5	9.4	73800
1290	43.52	9.42	77400
1350	43.6	9.5	81000
1410	43.83	9.73	84600

Πίνακας XIII: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης Σ33:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1	35.80	3.30	180
2	36.40	3.90	240
3	36.65	4.15	300
4	36.88	4.38	360
5	37.00	4.50	420
6	37.10	4.60	600
7	37.28	4.78	720
10	37.40	4.90	840
12	37.45	4.95	960
14	37.49	4.99	1080
16	37.52	5.02	1200
18	37.56	5.06	1320
20	37.56	5.06	1440
22	37.62	5.12	1560
24	37.66	5.16	1680
26	37.81	5.31	1800
28	37.90	5.40	2100
30	38.06	5.56	2400
35	38.12	5.62	3600
40	38.18	5.68	3900
60	38.48	5.98	4200
65	38.70	6.20	4500
70	38.80	6.30	4800
75	38.83	6.33	5100
80	38.88	6.38	5400
85	38.92	6.42	5700
90	38.96	6.46	6000
95	39.01	6.51	6600
100	39.03	6.53	7200
110	39.08	6.58	7800
120	39.18	6.68	8400
130	39.23	6.73	9000
140	39.25	6.75	9600
150	39.29	6.79	10200
160	39.30	6.80	10800
170	39.41	6.91	11400
180	39.58	7.08	12000
190	39.69	7.19	13800
200	39.73	7.23	15600
230	39.76	7.26	17400
260	39.80	7.30	19200
290	39.83	7.33	21000
320	39.86	7.36	22800
350	39.88	7.38	24600
380	39.89	7.39	26400
410	39.89	7.39	28200
440	39.90	7.40	30000

470	39.92	7.42	31800
500	39.93	7.43	33600
530	39.93	7.43	35400
560	39.94	7.44	37800
590	39.95	7.45	41400
630	39.99	7.49	45000
690	40.03	7.53	48600
750	40.06	7.56	52200
810	40.06	7.56	55800
870	40.06	7.56	59400
930	40.07	7.57	63000
990	40.07	7.57	70200
1050	40.07	7.57	77400
1170	40.07	7.57	81000
1290	40.09	7.59	84600
1350	40.09	7.59	88200
1410	40.09	7.59	84600
1470	40.095	7.60	82200

Πίνακας XIV: Δεδομένα 24ωρης άντλησης γεώτρησης A31:

Χρόνος άντλησης t (min)	Δυναμική στάθμη h(m)	Πτώση στάθμης δ(m)	Χρόνος άντλησης t (sec)
1			
2	48.81	17.16	120.00
3	49.08	17.43	180.00
4	49.38	17.73	240.00
5	49.60	17.95	300.00
6	49.66	18.01	360.00
7	49.75	18.10	420.00
8	49.84	18.19	480.00
9	49.92	18.27	540.00
10	50.00	18.35	600.00
12	50.10	18.45	720.00
14	50.20	18.55	840.00
16	50.31	18.66	960.00
18	50.36	18.71	1080.00
20	50.42	18.77	1200.00
22	50.51	18.86	1320.00
24	50.61	18.96	1440.00
26	50.64	18.99	1560.00
28	50.67	19.02	1680.00
30	50.73	19.08	1800.00
35	50.75	19.10	2100.00
40	50.82	19.17	2400.00
45	50.84	19.19	2700.00
50	50.86	19.21	3000.00

55	50.87	19.22	3300.00
60	50.88	19.23	3600.00
65	50.90	19.25	3900.00
70	50.91	19.26	4200.00
75	50.92	19.27	4500.00
80	50.94	19.29	4800.00
85	50.96	19.31	5100.00
90	50.97	19.32	5400.00
95	50.94	19.29	5700.00
100	50.96	19.31	6000.00
110	50.97	19.32	6600.00
120	50.99	19.34	7200.00
130	51.00	19.35	7800.00
140	51.01	19.36	8400.00
150	51.02	19.37	9000.00
160	51.03	19.38	9600.00
170	51.04	19.39	10200.00
180	51.05	19.40	10800.00
190	51.06	19.41	11400.00
200	51.08	19.43	12000.00
230	51.10	19.45	13800.00
260	51.11	19.46	15600.00
290	51.11	19.46	17400.00
320	51.12	19.47	19200.00
350	51.12	19.47	21000.00
380	51.13	19.48	22800.00
410	51.13	19.48	24600.00
440	51.13	19.48	26400.00
470	51.14	19.49	28200.00
500	51.14	19.49	30000.00
530	51.14	19.49	31800.00
560	51.13	19.48	33600.00
590	51.14	19.49	35400.00
630	51.14	19.49	37800.00
690	51.14	19.49	41400.00
750	51.14	19.49	45000.00
810	51.14	19.49	48600.00
870	51.14	19.49	52200.00
930	51.14	19.49	55800.00
990	51.14	19.49	59400.00
1050	51.14	19.49	63000.00
1110	51.14	19.49	66600.00
1170	51.14	19.49	70200.00
1230	51.14	19.49	73800.00
1290	51.14	19.49	77400.00
1350	51.14	19.49	81000.00
1410	51.14	19.49	84600.00
1470	51.14	19.49	88200.00

