



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΤΣΙΤΣΙΛΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ
ΕΥΑΘ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΞΙΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2022



ΤΣΙΤΣΙΛΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ

Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5666

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΕΥΑΘ
ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΞΙΟΥ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Εφαρμοσμένης Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων

Κακλής Τριαντάφυλλος

Δρ. Γεωλόγος, Msc, ΕΔΙΠ Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ

© Τσιτσιλίδου Ελένη, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας,
2022



Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΕΥΑΘ
ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΞΙΟΥ – Διπλωματική Εργασία

© Tsitsilidou Eleni, School of Geology, Dept. of Applied Geology, 2022

All rights reserved.

WATER LEVEL ANALYSIS IN THE AREA OF INTEREST OF EYATH EAST OF
AXIOS RIVER – *Bachelor 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.



Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται σημαντική αύξηση του πληθυσμού της Θεσσαλονίκης, η οποία οδήγησε σε ανάγκη για αύξηση των αποθεμάτων του πόσιμου νερού. Η ΕΥΑΘ, που είναι υπεύθυνη για την ύδρευση του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης και των γύρω περιοχών, ως λύση στο πρόβλημα αυτό, το 2003 ολοκλήρωσε την κατασκευή του υδραγωγείου του Αλιάκμονα, το οποίο καλύπτει σχεδόν τις μισές ανάγκες της περιοχής. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της πιεζομετρίας στην περιοχή ενδιαφέροντος της ΕΥΑΘ στην ανατολική παρόχθια περιοχή του Αξιού, συγκεκριμένα για την περίοδο 1997-2007, και η πιθανή επιρροή των εγκαταστάσεων του υδραγωγείου του Αλιάκμονα στον εκμεταλλεύσιμο υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Η περιοχή ενδιαφέροντος βρίσκεται στη περιοχή ανατολικά του ποταμού Αξιού, στην ανατολική μεριά της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών. Γεωλογικά βρίσκεται στο όριο της Περιοδοπικής ζώνης με τη ζώνη Αξιού. Οι σχηματισμοί που απαντώνται στη περιοχή είναι κυρίως άργιλος, άμμος και κροκάλες σε διάφορους συνδυασμούς μεταξύ τους, γεγονός που δείχνει την έντονη ποτάμια δράση στην περιοχή. Η υδροφορία στην περιοχή είναι σημαντική και εντοπίζεται κυρίως στους πορώδεις σχηματισμούς του Τεταρτογενούς. Για τις ανάγκες της εργασίας συλλέχθηκαν και παρουσιάστηκαν δεδομένα για δέκα γεωτρήσεις της ΕΥΑΘ. Οι γεωτρήσεις αυτές είναι οι Α05, Α07, Α17, Α18, Α20, Α22, Α26, Α27, Α28 και Α30 και βρίσκονται όλες στην ανατολική παρόχθια περιοχή του Αξιού. Για την κάθε γεώτρηση δημιουργήθηκε διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης, με μετρήσεις της στάθμης ηρεμίας που πραγματοποιήθηκαν από την ΕΥΑΘ το διάστημα 1997-2007. Επιπλέον, με τη χρήση του προγράμματος Surfer, κατασκευάστηκαν πιεζομετρικοί χάρτες της περιοχής για τον Ιούλιο και το Νοέμβριο του 2003 και για τον Μάιο και τον Οκτώβριο του 2007. Από την ανάλυση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει το συμπέρασμα ότι η στάθμη του υπόγειου νερού ξεκίνησε να αυξάνεται από τα τέλη του 2003 και έπειτα, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη λειτουργία του υδραγωγείου του Αλιάκμονα.





ABSTRACT

In recent decades there has been a significant increase in the population of Thessaloniki, which has created the need to increase drinking water reserves. EYATH, which is responsible for the water supply of the urban complex of Thessaloniki and the surrounding areas, as a solution to this problem, in 2003 completed the construction of the aqueduct of Aliakmonas, which covers almost half of the needs of the area. The purpose of this bachelor thesis is the analysis of piezometry in the area of interest of EYATH in the eastern riverside area of Axios, specifically for the period 1997-2007, and the possible influence of the Aliakmonas aqueduct facilities on the exploitable underground aquifer. The area of interest is located east of the river Axios, on the east side of the Thessaloniki - Giannitsa plain. Geologically it is located on the border of the Circum-Rhodope Zone with the Axios zone. The formations found in the area are mainly clay, sand, and cobblestones in various combinations with each other, which shows the strong river action in the area. The water supply in the area is of great significance and is located mostly in the porous formations of Quaternary age. For the needs of the work, data were collected and presented for ten drills of EYATH. These drills are A05, A07, A17, A18, A20, A22, A26, A27, A28 and A30 and are all located in the eastern riverside area of Axios. For each drill, a water level fluctuation diagram was created, with measurements of the static level carried out by EYATH during the period 1997-2007. In addition, using the Surfer program, piezometric maps of the area were constructed for July and November 2003 and for May and October 2007. From the analysis of all the above data, it can be concluded that the groundwater level started to increase from late 2003 onwards, a fact that can be attributed to the operation of the Aliakmonas aqueduct.





Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1. Πρώτες υδρογεωτρήσεις του Αξιού	11
1.2. Υδραγωγείο Αλιάκμονα	12
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	14
2.1. Γεωγραφικά στοιχεία	14
2.1.1. Πεδιάδα Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών	14
2.1.2. Λεκάνη απορροής Αξιού ποταμού	15
2.1.3. Παλαιογεωγραφία	16
2.2. Γεωλογία	18
2.2.1. Γενικά	18
2.2.1.1. Περιοδοπική Ζώνη	19
2.2.1.2. Ζώνη Αξιού	20
2.2.2. Μεταλικά ιζήματα	24
2.2.3. Τεκτονικά στοιχεία	25
2.2.4. Υδρογεωλογία	26
3. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	28
3.1. Γεώτρηση Α05	31
3.2. Γεώτρηση Α07	33
3.3. Γεώτρηση Α17	35
3.4. Γεώτρηση Α18	37
3.5. Γεώτρηση Α20	39
3.6. Γεώτρηση Α22	41
3.7. Γεώτρηση Α26	43
3.8. Γεώτρηση Α27	45
3.9. Γεώτρηση Α28	47
3.10. Γεώτρηση Α30	49
4. ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ	51
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	60
Βιβλιογραφία	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	64





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. και σε συνεργασία με την Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης, με επιβλέποντα τον κ. Τ. Κακλή, ΕΔΙΠ του τμήματος γεωλογίας Α.Π.Θ.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση της πιεζομετρίας στην περιοχή ενδιαφέροντος της ΕΥΑΘ στην ανατολική παρόχθια περιοχή του Αξιού, συγκεκριμένα για την περίοδο 1997-2007. Η εργασία αυτή βασίστηκε σε δεδομένα και στοιχεία γεωτρήσεων που βρίσκονται στην περιοχή ενδιαφέροντος υπό την αιγίδα της ΕΥΑΘ και χρησιμοποιούνται για την υδροδότηση της Θεσσαλονίκης. Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, επιλέχθηκαν αυτά με τη μεγαλύτερη συνάφεια και παρουσιάστηκαν σε διαγράμματα διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού. Επιπλέον, με τη χρήση των προγραμμάτων QGIS και Surfer κατασκευάστηκαν πιεζομετρικοί χάρτες της περιοχής για αντιπροσωπευτικές περιόδους μέσα στο χρονικό πλαίσιο που εξετάζει αυτή η εργασία. Τέλος, παρατέθηκαν τα αποτελέσματα των παραπάνω ενεργειών για τον σχολιασμό τους.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Τ. Κακλή για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής και την καλή συνεργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Θ. Σπάχο, γεωλόγο της ΕΥΑΘ, για την διάθεση των απαραίτητων δεδομένων της εταιρίας, για τον χρόνο του και για την πολύτιμη βοήθεια του σε όλα τα στάδια αυτής της εργασίας.

Η ελληνική συμπρωτεύουσα στεγάζει ένα μεγάλο αριθμό μόνιμων κατοίκων και επισκεπτών ημερησίως. Η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών του πληθυσμού αυτού, που ήταν μέριμνα αρχικά του ΟΥΘ και αργότερα της ΕΥΑΘ, γινόταν αποτελεσματικά μέχρι και τη δεκαετία του '60, από μια σειρά υδρογεωτρήσεων μεγάλου βάθους στις περιοχές Σίνδου, Χαλάστρας, Βαλμάδας, Αγίου Αθανασίου και Κορυφής. Πέρα, όμως, από αυτές τις δημόσιες υδρογεωτρήσεις υπήρχε και ένας μεγάλος αριθμός ιδιωτικών υδρογεωτρήσεων στην περιοχή, που αντλούσαν αλόγιστες ποσότητες ύδατος, πληγώνοντας με αυτόν τον τρόπο τα υπό εκμετάλλευση υδροφόρα στρώματα. Αυτό, σε συνδυασμό με την ταχύρρυθμη ανάπτυξη του αστικού ιστού και την αύξηση του πληθυσμού, είχε ως αποτέλεσμα την ανεπάρκεια του πόσιμου νερού για την περιοχή.

1.1. Πρώτες υδρογεωτρήσεις του Αξιού

Η επιτακτική αυτή ανάγκη για νερό κορυφώθηκε τη δεκαετία του '70, όπου οι ήδη υπάρχουσες υδρογεωτρήσεις του τότε ΟΥΘ δεν επαρκούσαν για την κάλυψη των αναγκών της πόλης. Έτσι, το 1976 το δίκτυό της ενισχύθηκε με την κατασκευή δώδεκα συμπληρωματικών υδρογεωτρήσεων (E1 – E12) στην περιοχή ανάντη της οδού Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών και εκατέρωθεν του ποταμού Αξιού. Στόχος του έκτακτου αυτού συμπληρωματικού έργου ήταν η λήψη 50.000 m³ πόσιμου νερού ημερησίως, μέχρις ότου να ολοκληρωθεί η κατασκευή του υδραγωγείου της Αραβησσού, από το οποίο θα λαμβανόταν η κύρια απαιτούμενη ποσότητα πόσιμου νερού για την πόλη. Από τις δώδεκα αυτές υδρογεωτρήσεις, οι E5, E6, E7 και E12 που βρίσκονται ανατολικά του Αξιού ανήκουν στην περιοχή ενδιαφέροντος της παρούσης εργασίας. Έπειτα από όλες τις απαραίτητες χημικές, μικροβιολογικές και ραδιολογικές αναλύσεις και δοκιμαστικές αντλήσεις η E12 κρίθηκε ακατάλληλη, λόγω τιμών σιδήρου και μαγγανίου υψηλότερων του αποδεκτού και δεν τέθηκε ποτέ σε λειτουργία. Οι E5, E6 και E7 πληρούσαν όλες τις απαιτήσεις και με

εκμεταλλεύσιμη παροχή $200 \text{ m}^3/\text{ώρα}$ τέθηκαν σε λειτουργία. Σε μεταγενέστερους χρόνους κατασκευάστηκαν και οι υπόλοιπες υδρογεωτρήσεις της περιοχής του Αξιού, ενώ οι E5, E6 και E7 μετονομάστηκαν σε A5, A6 και A7. Μετά το πέρας της κατασκευής του υδραγωγείου της Αραβησσού το 1978, η κάλυψη των αναγκών σε πόσιμο νερό γινόταν σταδιακά ολοένα και σε μεγαλύτερο βαθμό από αυτό, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις αντλούμενες ποσότητες νερού από τις υδρογεωτρήσεις.

1.2. Υδραγωγείο Αλιάκμονα

Χρονιά «σταθμός» για την ιστορία υδροδότησης της πόλης είναι το 2003, όπου κατά τους θερινούς μήνες ολοκληρώθηκε η κατασκευή του υδραγωγείου του Αλιάκμονα. Το έργο αυτό ξεκίνησε το 1990 και στόχευε στην ανάκτηση 150.000 m^3 νερού ημερησίως, το οποίο έπειτα από ειδική επεξεργασία θα καθίσταται πόσιμο.

Το υδραγωγείο του Αλιάκμονα αποτελείται από την ενωτική διώρυγα, το αντλιοστάσιο της Σίνδου, την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού Θεσσαλονίκης (EENΘ) και το αντλιοστάσιο Ιωνίας. Το νερό συγκεντρώνεται στο φράγμα του Αλιάκμονα στο χωριό Αγία Βαρβάρα, 40 χιλιόμετρα από τις εκβολές του ποταμού, και μέσω της ενωτικής διώρυγας διανύει με ελεύθερη ροή για 50 χιλιόμετρα την πεδιάδα Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών, μέχρι τη δυτική όχθη του ποταμού Αξιού. Έπειτα, διασχίζει με κλειστό αγωγό υπογείως τον Αξιό και συνεχίζει την πορεία του με αυτόν τον τρόπο μέχρι το αντλιοστάσιο της Σίνδου. Από εκεί οδηγείται στις εγκαταστάσεις της EENΘ, όπου έπειτα από μια σειρά διαδικασιών καθαρισμού και απολύμανσης διασφαλίζεται η υψηλή ποιότητα του. Τέλος, μέσω του αντλιοστασίου της Ιωνίας διανέμεται στις δεξαμενές της πόλης για κατανάλωση.



Εικόνα 1: Φράγμα Αλιάκμονα

Πηγή: <https://www.primato.gr/ta-nea-mas/diktyo-ydrefsis-thessalonikis/>

Η κατασκευή του υδραγωγείου του Αλιάκμονα έδωσε μια ανάσα πνοής στους υδροφορείς του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης - Γιαννιτσών, καθώς σε συνδυασμό με τη λειτουργία του υδραγωγείου της Αραβησσού καλύπτεται πλέον το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών της πόλης και η χρήση των υδρογεωτρήσεων γίνεται σε πολύ μικρότερο βαθμό και κατά περιπτώσεις συμπληρωματικά στα υπόλοιπα μέσα.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή ενδιαφέροντος βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών, στα ανατολικά του ποταμού Αξιού, εκατέρωθεν της οδού Θεσσαλονίκης – Ν. Χαλκηδόνας και μεταξύ του αναχώματος και της Κοινότητας Γέφυρας.

2.1. Γεωγραφικά στοιχεία

2.1.1. Πεδιάδα Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών

Η πεδιάδα Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών (Εικόνα 2) αποτελεί τη σημαντικότερη πεδιάδα της βόρειας Ελλάδας. Στο νοτιοανατολικό της τμήμα βρέχεται από τα νερά του Θερμαϊκού κόλπου, ενώ χερσαία περιβάλλεται από τους ορεινούς όγκους των Πιερίων (2193μ) στα νοτιοδυτικά, του Βερμίου (2065μ) στα δυτικά, του Πάικου (1650μ) στα βόρεια – βορειοδυτικά και του Χορτιάτη (1201μ) στα ανατολικά. Η πεδιάδα διατρέχεται από τέσσερα κύρια ποτάμια από τα ανατολικά προς τα δυτικά: τον Γαλλικό, τον Αξιό, τον Λουδία και τον Αλιάκμονα. Η έκτασή της αγγίζει σχεδόν τα 2000 km², και εξ' αυτού καθίσταται ως η μεγαλύτερη πεδιάδα της Ελλάδας.

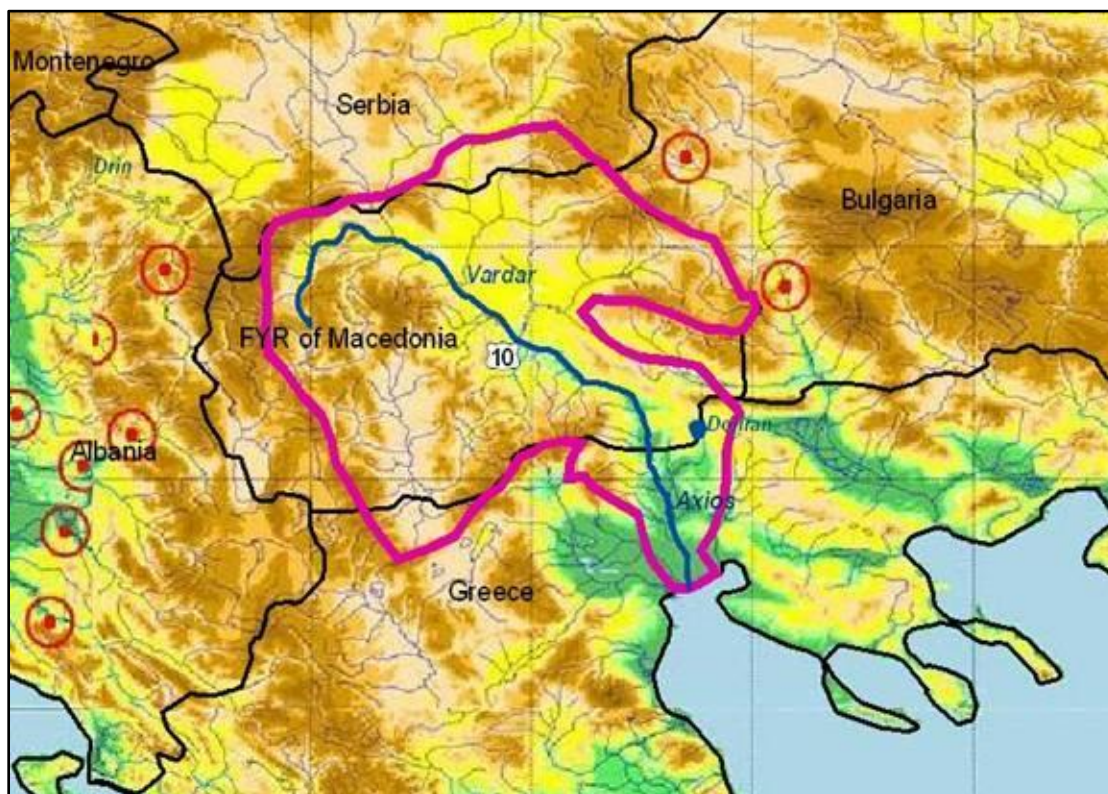
Η μορφολογία της χαρακτηρίζεται από ένα σχεδόν επίπεδο ανάγλυφο στο μεγαλύτερο μέρος της, με χαμηλά υψόμετρα και μικρές κλίσεις. Μάλιστα, το μέγιστο υψόμετρο της φτάνει τα 50 μέτρα, ενώ στο ανατολικό τμήμα της πεδιάδας τα 23 μέτρα, με μέσο υψόμετρο τα 5 μέτρα περίπου. Χαρακτηριστικό είναι και το γεγονός ότι το 83,8% της συνολικής της επιφάνειας εσωκλείεται ανάμεσα στην ακτογραμμή και την ισοϋψή των 10 μέτρων, ενώ μόλις το 3,3% βρίσκεται πάνω από την ισοϋψή των 20 μέτρων. Όλα αυτά καθιστούν την αποστράγγιση της περιοχής δύσκολη και συνεπώς, τις συνθήκες διήθησης ευνοϊκές.

Πηγή: Google Earth

Ο ποταμός Αξιός, γνωστός και ως Βαρδάρης από τη γιουγκοσλαβομακεδονική του ονομασία, είναι ο μεγαλύτερος ποταμός της Μακεδονίας και ο δεύτερος μεγαλύτερος των Βαλκανίων. Έχει συνολικό μήκος 380 χιλιόμετρα και διατρέχει αρχικά τη Βόρεια Μακεδονία και στα τελευταία του 76 χιλιόμετρα την Ελλάδα. Το πλάτος του κυμαίνεται από 50 έως 600 μέτρα και το βάθος του αγγίζει τα 4 μέτρα. Οι πηγές του βρίσκονται στο όρος Σκάρδος της Βόρειας Μακεδονίας και αφού διασχίσει την κοιλάδα των Σκοπίων, εισέρχεται στον ελληνικό χώρο από την περιοχή των Ευζώνων στα βόρεια, διασχίζει τη κεντρική Μακεδονία και καταλήγει στο Θερμαϊκό κόλπο.

15

συνολική ποσότητα νερού που συγκεντρώνεται στη λεκάνη αγγίζει τα 4,4 δισεκατομμύρια m³ ετησίως, εκ των οποίων τα 3,6 εισέρχονται από τον Αξιό ποταμό και τα 0,8 από λοιπούς υπάρχοντες υδατικούς πόρους της περιοχής.



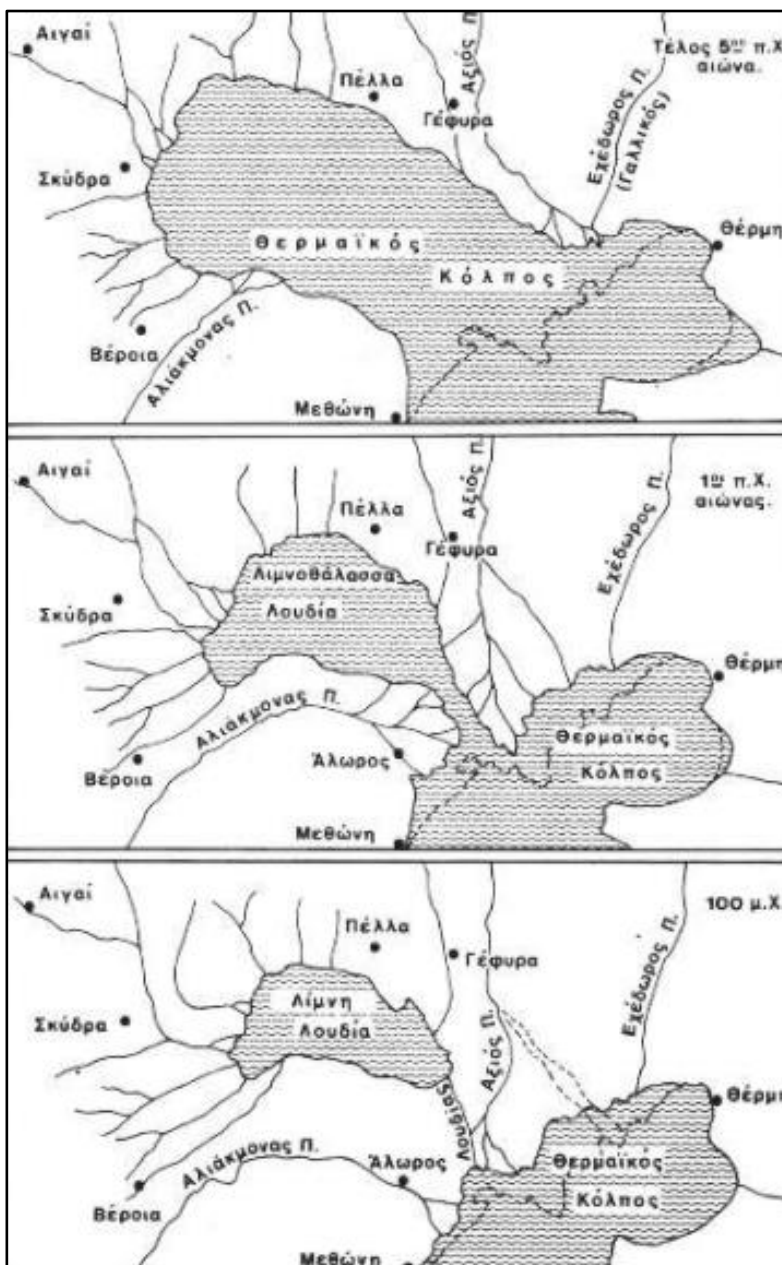
Εικόνα 3: Λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού

Πηγή: http://www.inweb.gr/workshops2/sub_basins/10_Axios.html

2.1.3. Παλαιογεωγραφία

Έχει αποδειχθεί ότι κατά τους ιστορικούς χρόνους ο Θερμαϊκός κόλπος εκτεινόταν έως και το νομό Πέλλας, κατακλύζοντας την πεδιάδα Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών με υφάλμυρα νερά. Με την πάροδο του χρόνου, οι τεράστιες ποσότητες προσχωματικών υλικών που μετέφεραν οι ποταμοί Αξιός και Αλιάκμονας γέμισαν τη λεκάνη και δημιούργησαν δίοδο ξηράς από τα Βορειοανατολικά προς τα Νοτιοδυτικά. Αποτέλεσμα της πλήρωσης αυτής ήταν η δημιουργία μιας μεγάλης λίμνης στη δυτική μεριά της λεκάνης και η διαρκής πρόσχωση του Θερμαϊκού κόλπου με τα φερτά υλικά των ποταμών, η οποία γινόταν με γοργούς ρυθμούς. Η λίμνη αυτή, γνωστή και

ως λίμνη Γιαννιτσών, όπως και οι ελώδεις εκτάσεις που την περιέβαλαν, αποξηράνθηκαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα μέσω του ποταμού Λουδία. Το έργο αυτό αποσκοπούσε στην εξάλειψη της ελονοσίας που έπληττε την περιοχή και την απόκτηση 350.000 νέων καλλιεργήσιμων στρεμμάτων.



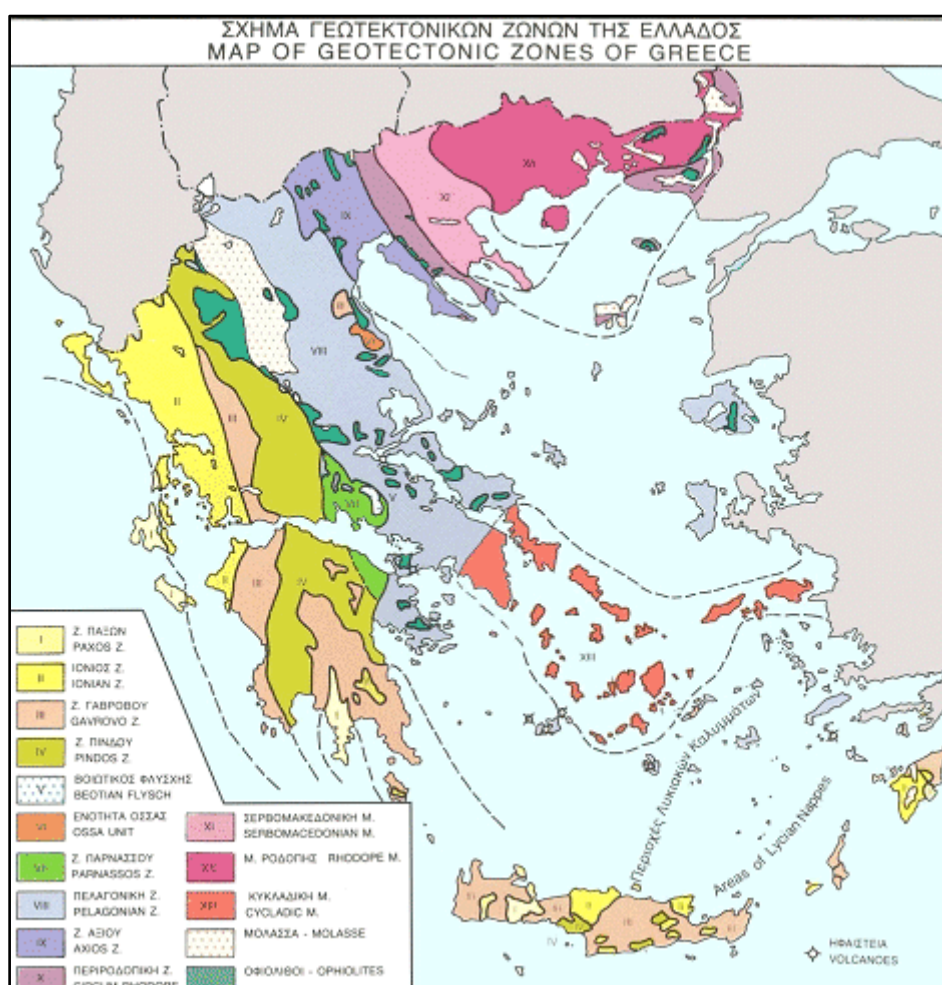
Εικόνα 4: Παλαιογεωγραφική εξέλιξη του Θερμαϊκού κόλπου κατά Struck (1908)

(Μελαδιώτης, 1984)

2.2. Γεωλογία

2.2.1. Γενικά

Η περιοχή μελέτης καταλαμβάνει το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης του Αξιού και της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών. Η έκταση αυτή, σύμφωνα με τον Δημοσθένη Μ. Μουντράκη (Μουντράκης, 2020) ανήκει στις εσωτερικές Ελληνίδες ζώνες και πιο συγκεκριμένα στην Περιοδοπική ζώνη και τη ζώνη Αξιού. Ακολουθεί περιγραφή των γεωλογικών τους χαρακτηριστικών.



Εικόνα 5: Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας.

Πηγή: <https://www.orykta.gr/geologia-oryktologia/geologia-elladas>

2.2.1.1. Περιοδοπική Ζώνη

Η Περιοδοπική ζώνη, γνωστή και ως η πιο εσωτερική ζώνη των εσωτερικών Ελληνίδων (Kauffmann et al (1976)), πρόκειται για μια ζώνη πλάτους 10-20 km αποτελούμενη από Περμοτριάδικα και Ιουρασικά μετα-ιζήματα. Ο κυριότερος γεωτεκτονικός της ρόλος ήταν αυτός της ηπειρωτικής κατωφέρειας της ηπειρωτικής Ελληνικής Ενδοχώρας, κατά τη διάρκεια του Ιουρασικού. Διακρίνεται σε τρεις διαφορετικές ενότητες, από τα ανατολικά προς τα δυτικά:

1. Ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά

- «Σχηματισμός Εξαμιλίου». Μετακλαστικά ιζήματα, μετα-ψαμμίτες, χαλαζίτες, χαλαζιακοί σχιστόλιθοι και μετα-κροκαλοπαγή του Περμίου.
- Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά ηλικίας Περμίου – Κάτω Τριαδικού. Πρόκειται για ηφαιστειακά και ιζηματογενή ημιμεταμορφωμένα υλικά σε εναλλαγές (Χαλαζιακά πορφυροειδή, χαλαζιακοί σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, πυροκλαστικά υλικά, σχιστοποιημένοι ρυόλιθοι, ανδεσίτες, βασάλτες, δολερίτες, μετα-ψαμμίτες, μετα-κροκαλολατυποπαγή, μετα-αρκόζες, φυλλίτες). Η σειρά αυτή είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα bimodal ηφαιστειότητας, δηλαδή ηφαιστειότητας που χαρακτηρίζει το αρχικό στάδιο της ηπειρωτικής διάρρηξης.
- Ανθρακική νηριτική σειρά ηλικίας Μέσου Τριαδικού – Μέσου Ιουρασικού. Ανακρυσταλλωμένοι ψαμμιτικοί και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, με φύκη και κοράλλια.

2. Ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα

- Ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και μάρμαρα ηλικίας Μέσου – Άνω Τριαδικού, με παρεμβάλλοντα στρώματα γραφιτικών φυλλιτών και σερικιτικών σχιστολίθων, τα οποία μεταβαίνουν στα ανώτερα στρώματα σε φυλλίτες.

- «Φλύσχης της Σβούλας» ηλικίας Κάτω – Μέσου Ιουρασικού. Φλύσχης με τουρβιδιτικές εναλλαγές μετα-ιζημάτων (ασβεστόλιθοι, μετα-ψαμμίτες, φυλλίτες κ.α.) και ολισθόλιθους Τριαδικών μαρμάρων.

3. Ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη

- Μετακλαστικά, ηφαιστειοκλαστικά και νηριτικά ανθρακικά ιζήματα Περμοτριαδικής ηλικίας, παρόμοια με αυτά της ενότητας Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά.
- Ιζήματα βαθιάς θάλασσας (μαύροι κερατόλιθοι, κόκκινοι αργιλικοί σχιστόλιθοι, μαύροι γραφιτικοί φυλλίτες, μάργες και χαλαζιακοί σχιστόλιθοι) με παρεμβολές οφειολιθικών σωμάτων (διορίτες, γάββροι, σερπεντινίτες) και της «Μαγματικής σειράς Χορτιάτη» (μεταμορφωμένα όξινα μαγματικά πετρώματα).

2.2.1.2. Ζώνη Αξιού

Στα δυτικά της Περιοδοπικής ζώνης ακολουθεί η ζώνη Αξιού ή αλλιώς ζώνη Vardar, από τον ομώνυμο ποταμό Αξιό. Τη ζώνη αυτή χαρακτηρίζουν εκτενείς οφειολιθικές μάζες που αποτελούν την «εσωτερική οφειολιθική λωρίδα» της Ελλάδας, γνωστή και ως "ΙΡΟ", και η οποία της αποδίδει το ρόλο του παλιού ωκεάνιου χώρου κατά το Μεσοζωϊκό. Επιπλέον, χαρακτηριστική είναι και η έντονη λεπιοειδής τεκτονική της περιοχής, με λέπια που επιπτεύονται προς δυσμάς, ο σχηματισμός της οποίας τοποθετείται στο Τριτογενές. Η ζώνη Αξιού διαιρείται σε τρεις υποζώνες (Mercier (1966)) από τα ανατολικά προς τα δυτικά:

I. Υποζώνη Παιονίας

Η υποζώνη Παιονίας καταλαμβάνει το ανατολικότερο τμήμα της ζώνης Αξιού και είναι παρακείμενη της Περιοδοπικής ζώνης. Σε αυτή διακρίνονται επτά ενότητες με παρόμοια λιθοστρωματογραφική εξέλιξη, όπου η κάθε μία αποτελεί και ένα μεγαλέπι.

1. Ενότητα Γευγελής

- «Σχηματισμός Γκόλα – Τσούκα». Ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και μάρμαρα ηλικίας Τριαδικού.
- «Σχηματισμός Καστανερής». Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά με σερικιτιωμένους πορφυροειδείς ρυόλιθους, τοφφίτες, πυροκλαστικούς ψαμμίτες, πλακώδεις ασβεστόλιθους και κλαστικά ιζήματα Τριαδικοϊουρασικής ηλικίας.
- «Σχηματισμός Γρίβα». Σερικιτικοί και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι και ασβεστόλιθοι ηλικίας Ιουρασικού.
- Οφειολιθική ακολουθία (γάββροι, δολερίτες, μαξιλαροειδείς λάβες και βασικά ηφαιστειακά) συμπτυχωμένη με ωκεάνια ραδιολαριτικά – κερατολιθικά ιζήματα. Μέσα σε αυτή βρίσκεται και ο «γρανίτης του Φανού», ο οποίος διείσδυσε κατά το Άνω Ιουρασικό.
- Ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες και μικροκροκαλοπαγή ηλικίας Άνω Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού.

2. Ενότητα Ωραιοκάστρου

- Κερατολιθικά πετρώματα με διαβάσεις του Λιθανθρακοφόρου – Περμίου.
- Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά ηλικίας Περμίου – Κάτω Τριαδικού με ερυθρούς ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και ρυόλιθους.
- Πλακώδεις απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι ηλικίας Μέσου Τριαδικού. Στα ανώτερα στρώματα μεταβαίνουν στους μαζώδεις ασβεστόλιθους του Ανισίου.
- Πελαγικοί ασβεστόλιθοι ηλικίας Άνω Τριαδικού (Λαδίνιο).
- Οφειολιθικά πετρώματα κυρίως γαββρικής σύστασης.
- Επικλυσιογενής σειρά από ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή, συνοδείας ασβεστολιθικών και μαργαϊκών στρωμάτων, ηλικίας Άνω Ιουρασικού.

3. Ενότητες Βαφειοχωρίου & Αρτζάν

- Πρασινοσχιστολιθικά μεταμορφωμένα πετρώματα (μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, μάρμαρα) Τριαδικοϊουρασικής ηλικίας.

- Οφειολιθικά πετρώματα (γάββροι, δολερίτες κ.α.).
- Τυπική επικλυσιογενής σειρά του Ανώτερου Ιουρασικού, αποτελούμενη από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους και πηλίτες. Στα ανώτερα στρώματα η σειρά αυτή αποκτά φλυσχοειδή δομή.

4. Ενότητες Μεταλλικού, Λεβεντοχωρίου & Άσπρης Βρύσης

- Ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι ηλικίας Τριαδικού – Κάτω Ιουρασικού.
- Σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφειόλιθους, αποτελούμενη από ωκεάνια ιζήματα βαθιάς ιζηματογένεσης (κερατόλιθους, πρασινοσχιστόλιθους, ψαμμίτες) συμπτυχωμένα με πετρώματα της οφειολιθικής ακολουθίας.

II. Υποζώνη Πάικου

Την υποζώνη Παιονίας ακολουθεί η υποζώνη Πάικου, η οποία από τα ανατολικά της εφίππεύεται από την ενότητα Γευγελής της υποζώνης Παιονίας και στα δυτικά της βρίσκεται σε τεκτονική επαφή με την υποζώνη Αλμωπίας. Ο γεωτεκτονικός ρόλος του Πάικου ήταν αυτός του υποθαλάσσιου υβώματος που διαχώριζε της αύλακα της Παιονίας από την αύλακα της Αλμωπίας (Mercier (1966)). Ωστόσο νεότερες απόψεις την προσδιορίζουν ως ένα νησιωτικό τόξο με έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα κατά το Ιουρασικό, μέσα στον ωκεανό του Αξιού.

Η γενική λιθοστρωματογραφική εικόνα της υποζώνης Πάικου είναι η εξής:

- Μεταμορφωμένη σειρά με εναλλαγές γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, σιπολίνων και χλωριτικών σχιστολίθων, Παλαιοζωϊκής ηλικίας.
- «Σειρά του Γκάντατς». Μεταμορφωμένη ανθρακική ιζηματογενής σειρά με μάρμαρα, σιπολίνες, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, ασβεστιτικούς, χλωριτικούς, επιδοτιτικούς σχιστόλιθους, Τριαδικοϊουρασικής ηλικίας.
- «Σειρά Λιβαδιών». Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά με ημιμεταμορφωμένα ιζήματα, χλωριτικούς σχιστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες,

χαλαζιακούς σχιστόλιθους και ηφαιστειακά υλικά, μετα-ρυόλιθους, πρασινίτες, μεταβασίτες και τοφφίτες, Μέσου – Άνω Ιουρασικής ηλικίας.

- «Ασβεστόλιθοι Κρώμης». Απολιθωματοφόροι μαρμαροειδείς ασβεστόλιθοι και σιπολίνες του Ιουρασικού.
- Ορίζοντας πρασινοσχιστολίθων.
- Δεύτερη ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, ηλικίας Άνω Ιουρασικού, αποτελούμενη από την «ακολουθία σπηλιτών – κερατοφύρων της Κρώμνης» (σπηλίτες, κερατοφύρες, διαβάσεις), ηφαιστειοκλαστικά ιζήματα (χαλαζιακά κροκαλοπαγή, κροκαλοπαγή με ηφαιστειακή συνδετική ύλη, σερικιτιωμένους τοφφίτες, πυροκλαστικά λατυποπαγή) και άλλα θαλάσσια ιζήματα (μικροκροκαλοπαγή, ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους).
- «Ασβεστόλιθοι Κρώμνης». Ασβεστολιθικός απολιθωματοφόρος ορίζοντας με *Cladocoropsis mirabilis*, ηλικίας Ιουρασικού – Κρητιδικού.
- «Σχηματισμός Γράμμου» Τυπικός σχηματισμός μετα-φλύσχη, με μετα-ψαμμίτες, μετα-κροκαλοπαγή, μετα-πηλίτες και ασβεστόλιθους, Κάτω Κρητιδικής ηλικίας.
- Μέσο – Άνω Κρητιδικά επικλυσιογενή ανθρακικά απολιθωματοφόρα ιζήματα που ξεκινούν από δολομίτες και καταλήγουν σε ασβεστόλιθους.
- «Φλύσχης της Τσούκα». Ψαμμιτοειδείς ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες και αργιλικοί σχιστόλιθοι, ηλικίας Άνω Κρητιδικού (Μαιστρίχτιο).

Να σημειωθεί πως δεν συναντώνται όλοι οι προαναφερόμενοι σχηματισμοί σε όλη την έκταση της υποζώνης Πάικου. Η λιθοστρωματογραφία μεταβάλλεται ανάλογα με την εκάστοτε θέση.

III. Υποζώνη Αλμωπίας

Η υποζώνη Αλμωπίας αποτελεί την τελευταία υποζώνη της ζώνης Αξιού και καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα της. Γεωτεκτονικά θεωρείται πως είναι μια βαθιά αύλακα ανάμεσα στο ύβωμα του Πάικου στα ανατολικά και της Πελαγονικής στα δυτικά της, καθώς επίσης αποτελεί και το ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο της Πελαγονικής ζώνης. Χαρακτηρίζεται από έντονη τεκτονική λεπίωση με φορά από τα ανατολικά προς τα δυτικά, η οποία κάνει τους σχηματισμούς της να εμφανίζονται σε

συνεχή επανάληψη. Με βάση τα μεγεθόμετρα της διακρίνονται δώδεκα ενότητες: Άνω Γαρέφη, Μαυρόλακου και Κρανιών στα ανατολικά, Λύκων, Μαργαρίτας, Κλισοχωρίου, Νέας Ζωής και Μεσημερίου στη μέση, Κερασιάς και Κέδρων στα δυτικά, Πέτερνικ και Λουτρών Πόζαρ στα βόρεια. Αν και αποτελούν διαφορετικές ενότητες η λιθοστρωματογραφία τους είναι παρόμοια, με:

- Παλαιοζωικά πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου και Τριαδικοϊουρασικά μεταμορφωμένα πετρώματα του Πελαγονικού ηπειρωτικού περιθωρίου
- Οφειολιθικά πετρώματα και συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας (ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές, σχιστοκερατολιθική διάπλαση) που τοποθετήθηκαν τεκτονικά επάνω στα προηγούμενα
- Ανωκριτιδικά επικλυσιογενή ιζήματα (κροκαλοπαγές επίκλυσης, ασβεστόλιθοι με ρουδιστές)
- Φλύσχης του Ανωτέρου Μαιστριχτίου – Κάτω Παλαιοκαίνου, αποτελούμενος από ψαμμίτες, ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους, ασβεστοσχιστόλιθους και κροκαλοπαγή.

2.2.2. Μεταλπικά ιζήματα

Όπως προαναφέρθηκε, στην περιοχή τις μερικές τελευταίες χιλιετίες είναι έντονη η ποτάμια δράση. Τα υλικά που μετέφεραν και αποθέταν τα τέσσερα ποτάμια δημιούργησαν μεγάλου πάχους στρώματα ιζημάτων, τα οποία κάλυψαν τους προ-αλπικούς και αλπικούς σχηματισμούς των ελληνίδων ζωνών. Η απόθεση των μετα-αλπικών αυτών σχηματισμών ξεκινάει με το πέρας της δημιουργίας την λεκάνης, κατά το Πλειόκαινο και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα με μεγάλους ρυθμούς, στον Θερμαϊκό κόλπο. Οι σχηματισμοί αυτοί μπορούν να διακριθούν με κριτήριο την ηλικία τους σε αυτούς του Πλειοκαίνου και του Τεταρτογενούς (Κακλής, 2000).

Με αναφορά πάντα στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης όπου βρίσκεται και η περιοχή ενδιαφέροντος, οι Πλειοκαινικοί σχηματισμοί εντοπίζονται κατά κύριο λόγο

στα βόρεια της λεκάνης και παρουσιάζουν ποικίλη λιθολογική και λιθοφασική συμπεριφορά στα στρώματά τους, χωρίς κάποια αλληλουχία μεταξύ τους. Αποτελούνται από δυο κύριες σειρές:

- Σειρά ερυθρών αργίλων στον κατώτερο ορίζοντα. Σχηματισμός μεγάλου πάχους από ερυθρούς, κεραμόχρους και ιλυώδεις αργίλους χερσαίας φάσης.
- Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά στον ανώτερο ορίζοντα. Σχηματισμός μεγάλου πάχους από συμπαγείς και συνεκτικούς ψαμμίτες, ψαμμιτομάργες και μικροκροκαλοπαγή λιμνοθαλάσσιας φάσης.

Αντιθέτως, οι σχηματισμοί του Τεταρτογενούς εντοπίζονται σε όλη την έκταση της περιοχής ενδιαφέροντος. Το πάχος τους καλύπτει ένα μεγάλο εύρος, από λίγα μέτρα έως και πάνω από 200 μέτρα, και η λιθολογία τους ποικίλλει με ποταμοχειμάρειες, υφάλμυρες και θαλάσσιες αποθέσεις, θαλάσσια και λιμναία ιζήματα, πλευρικά κορήματα και συστήματα αναβαθμίδων. Οι αποθέσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως πολύπλοκες και ανομοιόμορφες και παρουσιάζουν μεταξύ τους έντονες κατακόρυφες εναλλαγές και πλευρικές μεταβάσεις, καθιστώντας δύσκολη την κατασκευή μιας χαρακτηριστικής τομής για όλη την περιοχή. Το περιβάλλον απόθεσής τους χαρακτηρίζεται θαλάσσιο – υποθαλάσσιο και αντιστοιχεί στις εκβολές των τεσσάρων ποταμών που διατρέχουν την πεδιάδα στους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους (Κακλής, 2000).

2.2.3. Τεκτονικά στοιχεία

Η πεδιάδα Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα τεκτονικού βυθίσματος. Η δημιουργία της οφείλεται στις ορογενετικές κινήσεις που διαμόρφωσαν και τη δομή της Περιοδοπικής ζώνης και της ζώνης του Αξιού. Έπειτα από τα συμπιεστικά και εφελκυστικά καθεστώτα που έλαβαν χώρα, προέκυψαν ρηξιγενείς ζώνες και ζώνες πλαστικής παραμόρφωσης, λεπιώσεις, εφιππεύσεις και αναστροφές των στρωμάτων των σχηματισμών, που χαρακτηρίζουν τη τεκτονική δομή της λεκάνης πολύπλοκη.

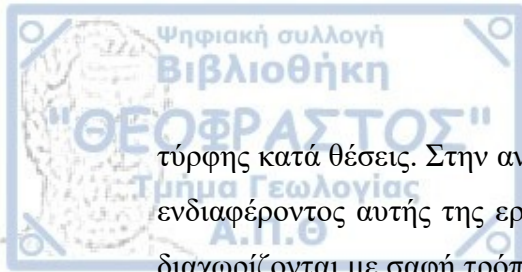
2.2.4. Υδρογεωλογία

Γενικά, οι υπόγειοι υδροφορείς με κριτήριο τη λιθολογία τους διακρίνονται σε (Βουδούρης Κ. Κ., 2015):

- Πορώδεις υδροφορείς, οι οποίοι απαντώνται σε κοκκώδεις σχηματισμούς. Το νερό αποθηκεύεται στους στα διάκενα ανάμεσα στους κόκκους των πετρωμάτων, γνωστό και ως πρωτογενές πορώδες και κινείται σε όλη τη μάζα του υδροφόρου σώματος.
- Διαρρηγμένους υδροφορείς, οι οποίοι βρίσκονται σε ρηξιγενείς ζώνες πυριγενών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Το νερό εντοπίζεται κυρίως σε ζώνες ασυνέχειας όπου δημιουργείται δευτερογενές πορώδες, όπως στις διακλάσεις, από τις οποίες και πραγματοποιείται η κίνησή του.
- Καρστικούς υδροφορείς, οι οποίοι αναπτύσσονται σε ανθρακικά πετρώματα που έχουν υποστεί καρστικοποίηση, μια διαδικασία που οδηγεί στη δημιουργία δευτερογενούς πορώδους λόγω διάλυσης της ανθρακικής μάζας. Το νερό εντοπίζεται σε όσες περιοχές του υδροφόρου στρώματος δημιουργήθηκαν κενά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στα ανώτερα στρώματα της περιοχής ενδιαφέροντος όπου απαντώνται οι Τεταρτογενείς και Νεογενείς σχηματισμοί, εντοπίζουμε πορώδεις υδροφορείς.

Σύμφωνα με την υδρογεωλογική μελέτη που εκπονήθηκε στα πλαίσια κατασκευής συμπληρωματικών έργων για την ύδρευση της μείζονος περιοχής της Θεσσαλονίκης από τα υπόγεια νερά της περιοχής του Αξιού ("ΥΔΡΕΜ" Ε.Π.Ε. ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΜΕΛΤΩΝ, "ΕΞΑΡΧΟΥ & ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ" Ε.Π.Ε., 1976), οι υδρογεωλογικές συνθήκες εκατέρωθεν του ποταμού Αξιού διέφεραν. Στη δυτική παρόχθια περιοχή εντοπίστηκαν δύο επάλληλοι υδροφόροι ορίζοντες, αυτός του Αξιού, σε βάθος 5-25 μέτρα και με μέσο πάχος 14 μέτρα και αυτός της Ελεούσας, σε βάθος 30-65 μέτρα και με μέσο πάχος τα 33 μέτρα, στους οποίους ανάμεσα παρεμβάλλεται ένα αργιλικό στρώμα με φακοειδείς εμφανίσεις



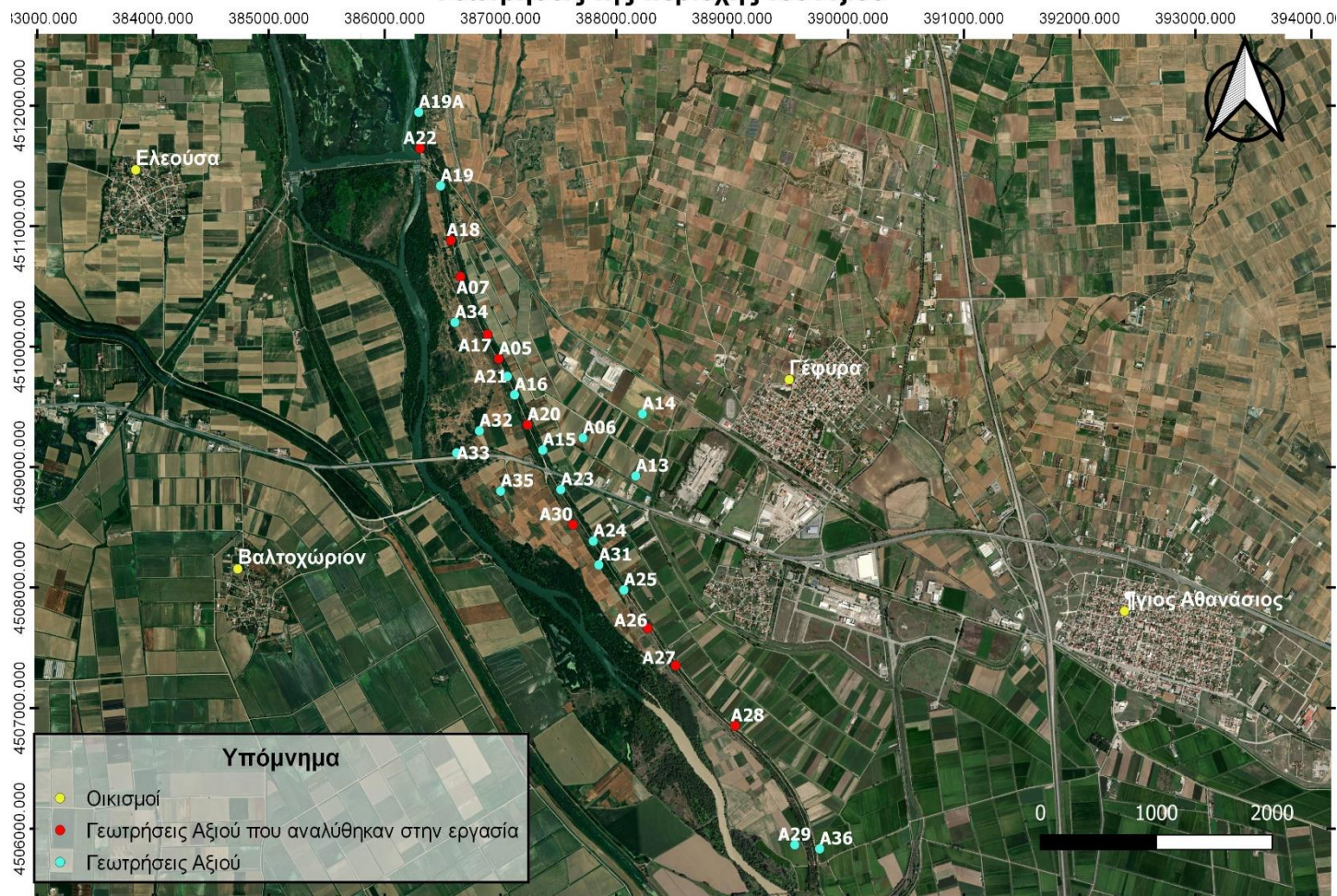
τύρφης κατά θέσεις. Στην ανατολική παρόχθια περιοχή, που αποτελεί και την περιοχή ενδιαφέροντος αυτής της εργασίας, τα δύο αυτά επάλληλα υδροφόρα στρώματα δεν διαχωρίζονται με σαφή τρόπο και έτσι θεωρείται ως ένα, με ποικίλο πάχος σε όλη την έκτασή του.

Η τροφοδοσία του υδροφορέα γίνεται κυρίως με πλευρικές διηθήσεις από την κοίτη του ποταμού σε όλο το μήκος του, καθώς και από την άμεση διήθηση των κατακρημνισμάτων σε όλη την έκταση των τεταρτογενών και νεογενών σχηματισμών, αφού όπως προαναφέρθηκε η γεωμορφολογία της λεκάνης είναι ευνοϊκή. Η ροή του υπόγειου ύδατος πραγματοποιείται στον υδροφορέα σχεδόν παράλληλα με τη κοίτη του ποταμού και το πλάτος του αγγίζει τα 3000 μέτρα.

3. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ

Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από δέκα υδρογεωτρήσεις της Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε. Οι υδρογεωτρήσεις αυτές επιλέχθηκαν με κριτήριο τις χρονοσειρές των μετρήσεων των στάθμεων ηρεμίας τους οι οποίες ήταν και οι πιο ολοκληρωμένες για τη χρονική περίοδο που μας ενδιαφέρει και βρίσκονται αναλυτικά στο παράρτημα. Πιο συγκεκριμένα οι υδρογεωτρήσεις αυτές είναι οι Α05, Α07, Α17, Α18, Α20, Α22, Α26, Α27, Α28 και Α30. Στον χάρτη της εικόνας 6 φαίνονται οι τοποθεσίες όλων των γεωτρήσεων της περιοχής, ενώ με κόκκινο παρουσιάζονται οι επιλεγμένες γεωτρήσεις. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συντεταγμένες (x,y) των γεωτρήσεων αυτών και το απόλυτο υψόμετρό τους (z).

Γεωτρήσεις της περιοχής του Αξιού



Εικόνα 6: Γεωτρήσεις της περιοχής του Αξιού.

Πίνακας 1: Συντεταγμένες των γεωτρήσεων της περιοχής του Αξιού			
Υδρογεώτρηση	Συντεταγμένη X	Συντεταγμένη Y	Συντεταγμένη Z
A05	386984.4	4509898	10.78
A07	386654.4	4510580	11
A17	386888.5	4510100	11
A18	386571.2	4510881	10.9
A20	387232.2	4509351	10.8
A22	386305	4511645	11.8
A26	388269.9	4507662	9.6
A27	388511.5	4507353	9.9
A28	389025.6	4506854	9.25
A30	387624.1	4508521	10

Όπως φαίνεται και από τον χάρτη, οι γεωτρήσεις βρίσκονται όλες σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους και είναι διατεταγμένες γραμμικά, στην ανατολική παρόχθια περιοχή του ποταμού Αξιού. Στην περιοχή επίσης βρίσκονται οι οικισμοί της Γέφυρας και του Αγίου Αθανασίου στα ανατολικά, του Βαλτοχωρίου στα νοτιοδυτικά και της Ελεούσας στα βορειοδυτικά. Επιπλέον, σημαντική είναι η ύπαρξη υδρογεωτρήσεων στο αντλητικό πεδίο της ΕΥΑΘ στην ευρύτερη περιοχή (Ελεούσα-12, Γέφυρα-6), όπως και οι υπόλοιπες 17 γεωτρήσεις της περιοχής του Αξιού που δεν λήφθηκαν υπόψη στη συγκεκριμένη εργασία, οι οποίες πιθανότατα και αναλόγως τις συνθήκες να επηρεάζουν και την περιοχή ενδιαφέροντος. Τέλος, πιθανή είναι και η ύπαρξη ιδιωτικών γεωτρήσεων που να περιπλέκουν και αυτές την κατάσταση στη περιοχή.

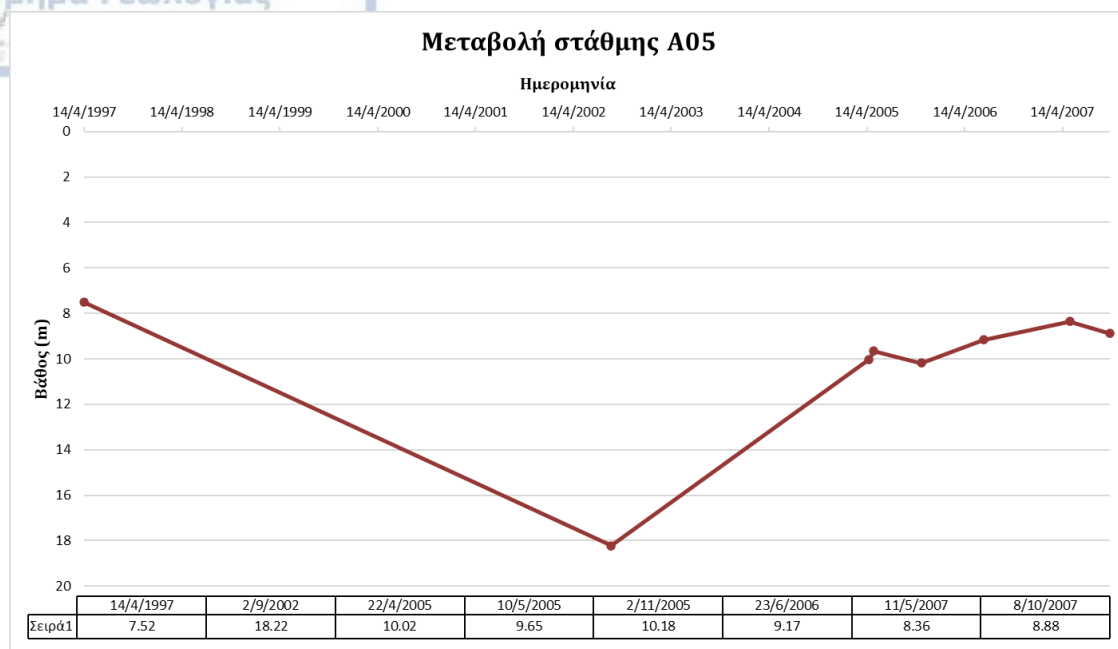
Έπειτα από την επιλογή των γεωτρήσεων συγκεντρώθηκαν όλα τα διαθέσιμα στοιχεία για την κάθε γεώτρηση, όπως τεχνικά χαρακτηριστικά, θέσεις φίλτροσωλήνων, λιθοστρωματογραφικές στήλες, περίοδοι λειτουργίας και μετρήσεις στάθμεων ηρεμίας.



Για την κατασκευή των διαγραμμάτων διακύμανσης της στάθμης ήταν απαραίτητες οι μετρήσεις της στάθμης ηρεμίας. Μετά τη συλλογή των μετρήσεων που λήφθηκαν από το 1997 έως το 2007, έγινε η αναγωγή τους στο απόλυτο υψόμετρο, αφαιρώντας από τη κάθε στάθμη το απόλυτο υψόμετρο της γεώτρησης που της αντιστοιχεί. Έπειτα τα δεδομένα αυτά καταχωρήθηκαν σε πίνακες όπου παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, και οι οποίοι παρατίθενται στο παράρτημα. Η κατασκευή των διαγραμμάτων έγινε με την επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων με την εφαρμογή Microsoft Excel.

Παρακάτω δίνονται γενικές πληροφορίες για τις γεωτρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν, οι λιθοστρωματογραφικές τους στήλες, καθώς και τα διαγράμματα διακύμανσης της στάθμης τους, που παρουσιάζουν τη μεταβολή της στάθμης ηρεμίας με τον χρόνο για το διάστημα 1997-2007.

[illegible]

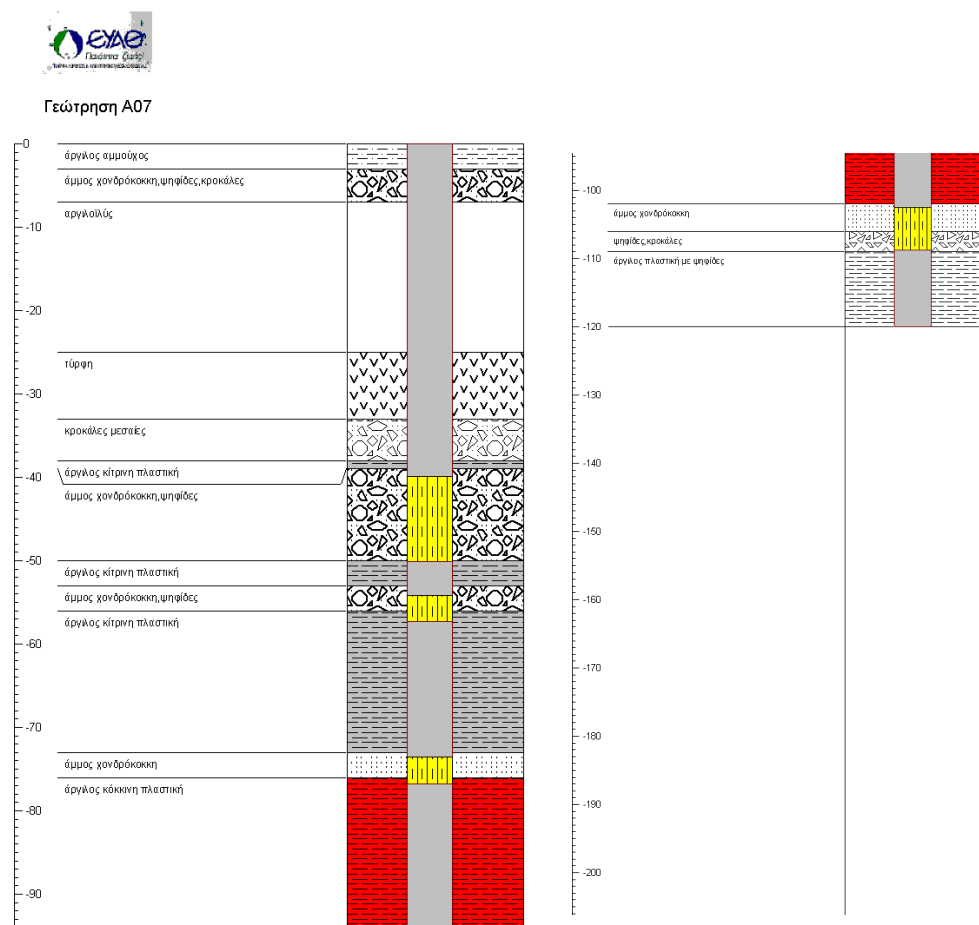


Εικόνα 7: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης Α05.

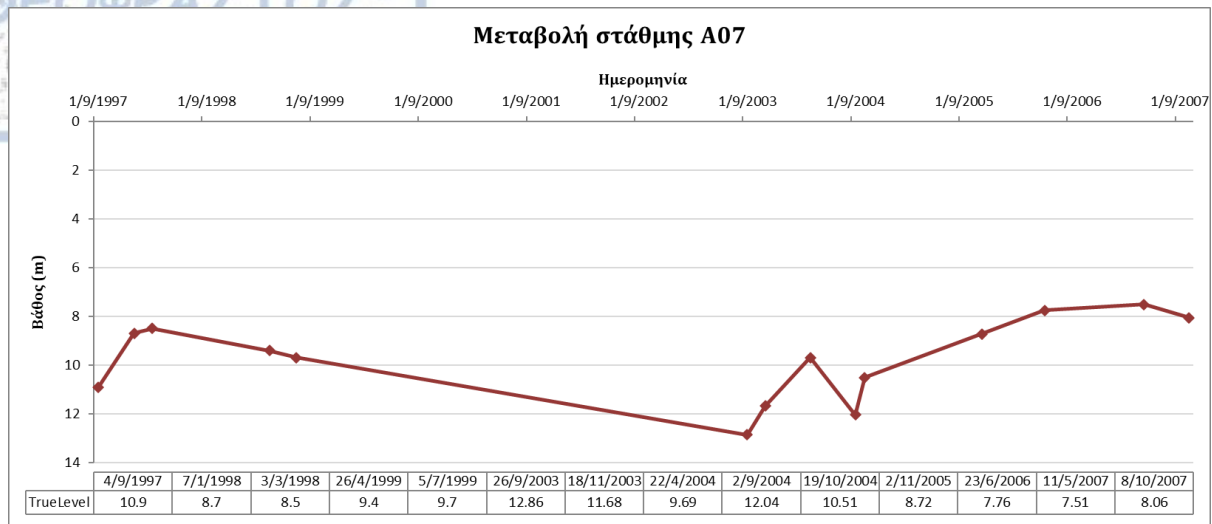
Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Α05. Η πτωτική πορεία της καμπύλης στην αρχή του διαγράμματος ταυτίζεται με μια περίοδο λειτουργίας της γεώτρησης που παρεμβάλλεται ανάμεσα στις δύο πρώτες μετρήσεις στάθμεων ηρεμίας. Έπειτα από αυτή τη χρονική περίοδο των πέντε ετών, όπου υπήρχε συνεχόμενη λειτουργία της γεώτρησης και εκμετάλλευση του υδροφορέα, παρατηρείται ότι η στάθμη του υπόγειου νερού έχει φτάσει στο απόλυτο βάθος των 18.22 μέτρων στις 02/09/2002, που αποτελεί και τη μεγαλύτερη τιμή που έχει καταγραφεί για την περίοδο 1997-2007. Ωστόσο από το 2003 και έπειτα είναι εμφανής η σταδιακή αύξηση της στάθμης του νερού φτάνοντας τα 10 μέτρα απόλυτο βάθος περίπου, ενώ με τη πάροδο του χρόνου η στάθμη σταθεροποιείται στα περίπου στα 8 μέτρα.

3.2. Γεώτρηση Α07

Η γεώτρηση Α07, όπως προαναφέρθηκε ήταν μια από τις πρώτες γεωτρήσεις της περιοχής στην ανατολική παρόχθια περιοχή του Αξιού, με έτος κατασκευής το 1975. Το βάθος της διάτρησης φτάνει τα 120 μέτρα και της σωλήνωσης τα 112 μέτρα. Το συνολικό μήκος των φιλτροσωλήνων αγγίζει τα 22.8 μέτρα και είναι τοποθετημένοι στα 39.9 μέτρα έως τα 50.1 μέτρα, στα 54.2 έως τα 57.3 μέτρα, στα 73.5 έως τα 76.8 μέτρα και στα 102.5 έως τα 108.7 μέτρα. Η αρχική στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης υπολογίστηκε στα 6.86 μέτρα και η κρίσιμη παροχή της προσδιορίστηκε στα 280 m³/h. Στο σχήμα 2, όπου παρουσιάζεται η λιθολογική της στήλη, παρατηρούμε πως τα κύρια υλικά στο σημείο είναι ιλύς και χονδρόκοκκη άμμος σε εναλλαγές. Από τα 25 μέτρα έως τα 33 μέτρα υφίσταται και εδώ ένα στρώμα τύρφης, ενώ χαρακτηριστικό είναι και το στρώμα της κόκκινης αργίλου από τα 76 έως τα 102 μέτρα.



Σχήμα 2: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης Α07.



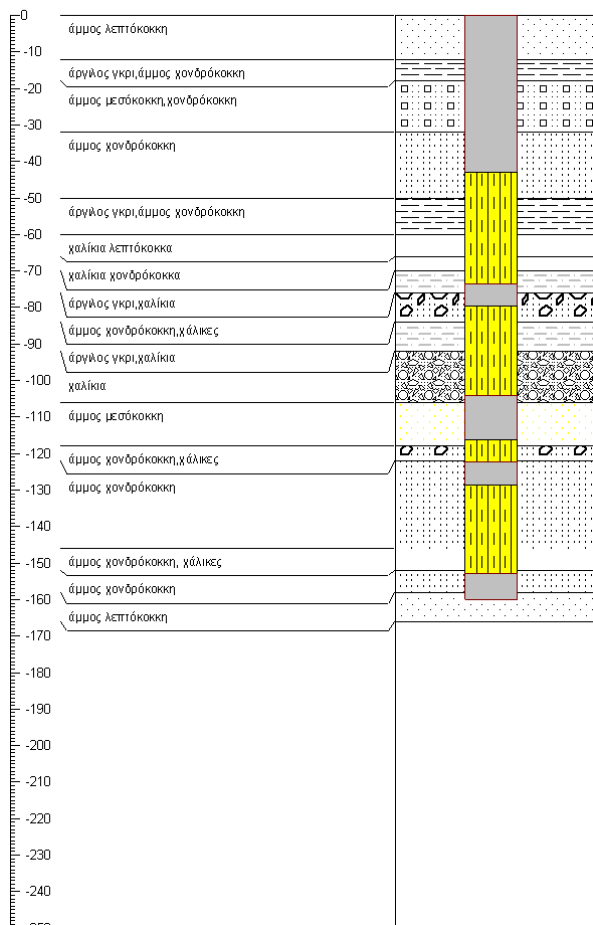
Εικόνα 8: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης Α07.

Στην εικόνα 8 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Α07. Στην αρχή του διαγράμματος η στάθμη ηρεμίας βρίσκεται στο απόλυτο βάθος των 10 μέτρων περίπου. Έπειτα από μια μικρή άνοδο, ακολουθεί πτωτική πορεία της καμπύλης, η οποία ερμηνεύεται ως μια περίοδος λειτουργίας της γεώτρησης που διήρκεσε από το 1999 έως το 2003. Το Σεπτέμβριο του 2003 η στάθμη του υπόγειου νερού έχει φτάσει στο χαμηλότερο σημείο της περιόδου που εξετάζει αυτή η εργασία και η οποία ισούται με 12.86 μέτρα απόλυτο βάθος. Ωστόσο, από το Νοέμβριο του ίδιου έτους παρατηρείται μια αυξητική τάση στη καμπύλη, η οποία, αν και με μικρές παρεκτροπές, σταθεροποιείται με το πέρασμα του χρόνου σε ένα μέσο απόλυτο βάθος των 8 περίπου μέτρων.

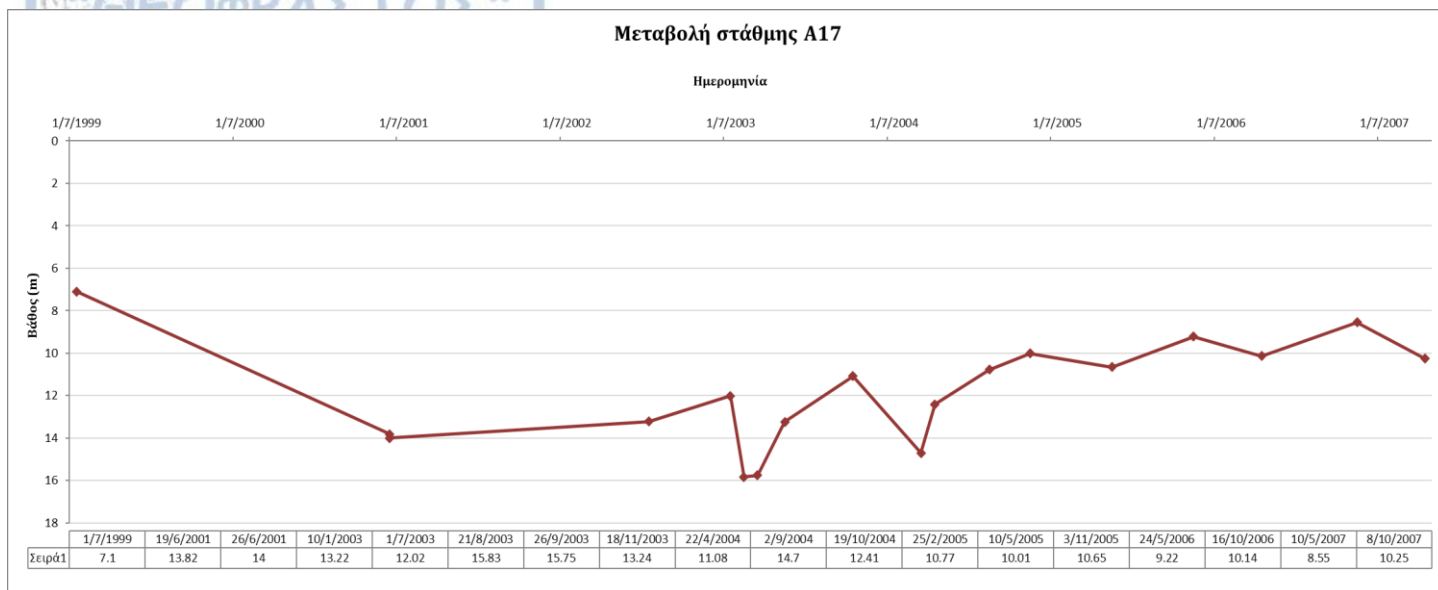
Η γεώτρηση Α17 κατασκευάστηκε στα πλαίσια του προγράμματος κατασκευής νέων υδρογεωτρήσεων σε περιοχές των νομών Πέλλας και Θεσσαλονίκης, το 1989. Το βάθος της διάτρησης φτάνει τα 160 μέτρα, ενώ της σωλήνωσης τα 152.9 μέτρα. Το συνολικό μήκος των φιλτροσωλήνων φτάνει τα 85.4 μέτρα και είναι τοποθετημένοι στα 43.1 μέτρα έως τα 73.6 μέτρα, στα 79.7 μέτρα έως τα 104.1 μέτρα, στα 116.3 μέτρα έως τα 122.4 μέτρα και στα 128.5 μέτρα έως τα 152.9 μέτρα. Η κρίσιμη παροχή της γεώτρησης εκτιμήθηκε στα 240 m³/h, ενώ η παροχή εκμετάλλευσης στα 220 m³/h. Από τη λιθολογική στήλη της γεώτρησης (Σχήμα 3) παρατηρούμε πως τα κύρια υλικά της είναι στρώματα μεσόκοκκης έως χονδρόκοκη άμμου και χαλικιών, στα οποία παρεμβάλλονται αργιλικά στρώματα.



Γεώτρηση Α17



Σχήμα 3: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης Α17.



Εικόνα 9: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης A17.

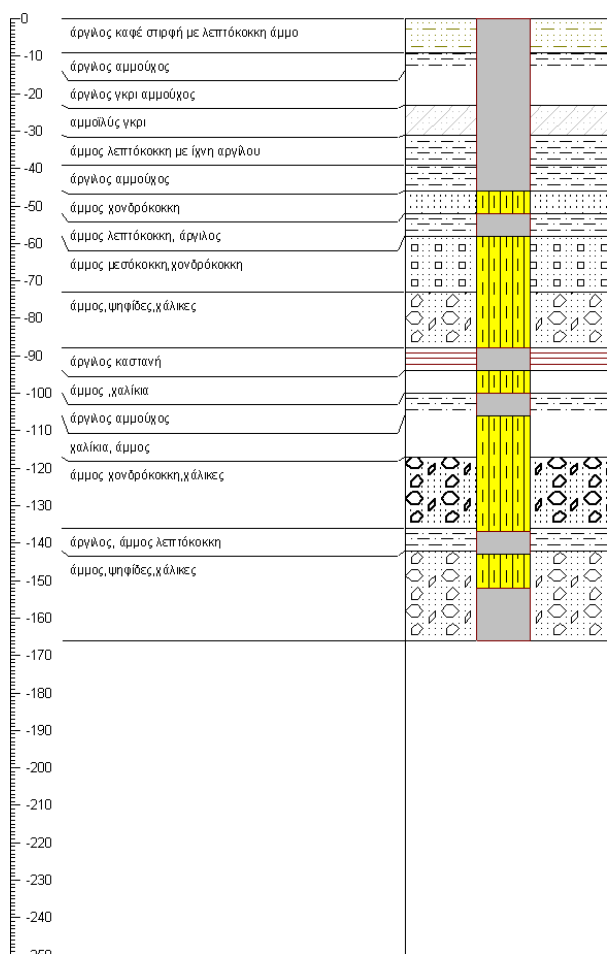
Στην εικόνα 9 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση A17. Στην αρχή του διαγράμματος η καμπύλη εκτελεί πτωτική πορεία, η οποία οφείλεται σε μικρές περιόδους λειτουργίας της γεώτρησης στο χρονικό διάστημα που μεσολαβούσε ανάμεσα στις πρώτες τρεις μετρήσεις στάθμης ηρεμίας. Στα μέσα του 2003 καταγράφεται η χαμηλότερη στάθμη ηρεμίας για την περίοδο ενδιαφέροντος, η οποία φτάνει τα 15.83 μέτρα απόλυτο βάθος στις 21/08/2003. Από τότε και έπειτα καταγράφεται ανομοιόμορφη, αλλά ανοδική πορεία της στάθμης, η οποία φαίνεται να σταθεροποιείται στις αρχές του 2005 περίπου στα 10 μέτρα απόλυτο βάθος.

3.4. Γεώτρηση Α18

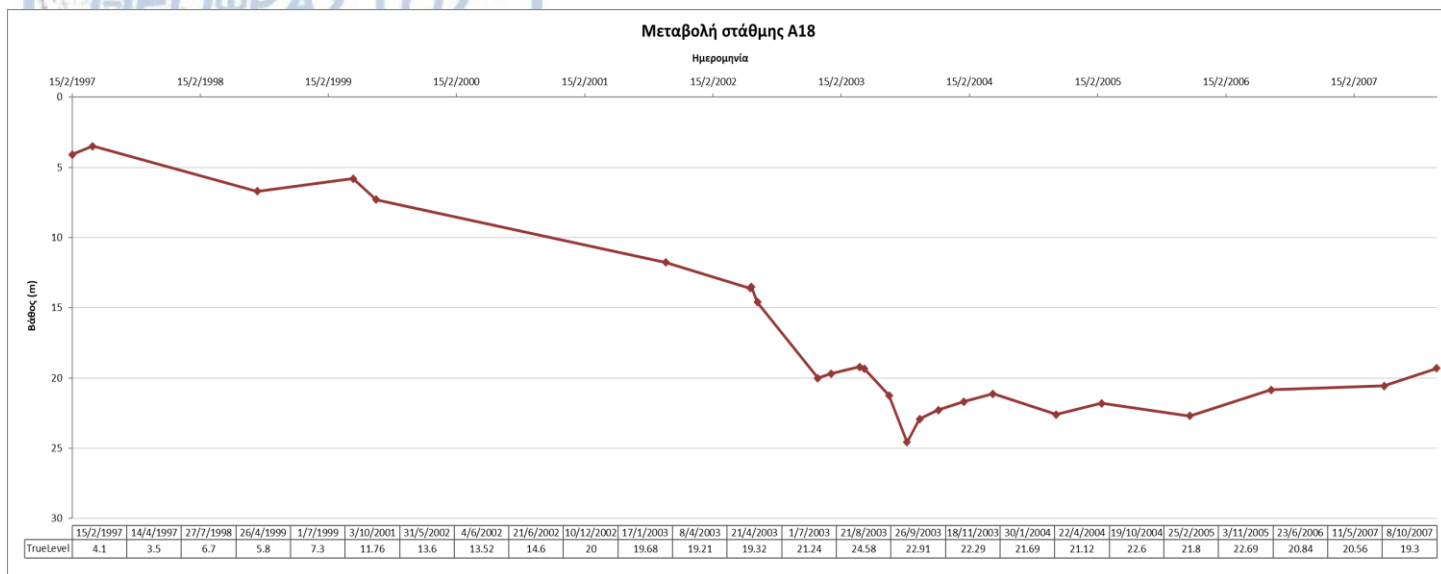
Η γεώτρηση Α18 κατασκευάστηκε στην ίδια φάση με τη γεώτρηση Α17, το 1989. Το βάθος της διάτρησης φτάνει τα 165 μέτρα και της σωλήνωσης τα 157.38 μέτρα. Το συνολικό μήκος των φιλτροσωλήνων είναι 82 μέτρα και βρίσκονται τοποθετημένοι στα 46 μέτρα έως τα 52 μέτρα, στα 58 μέτρα έως τα 88 μέτρα, στα 94 μέτρα έως τα 100 μέτρα, στα 106 έως τα 137 μέτρα και στα 143 έως τα 152 μέτρα. Η αρχική στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης υπολογίστηκε στα 10.85 μέτρα και η κρίσιμη παροχή της στα 190 m³/h. Από τη λιθολογική της στήλη (Σχήμα 4) παρατηρούμε πως τα κύρια υλικά που βρίσκονται στο σημείο είναι άργιλος, κυρίως αμμούχος στα ανώτερα στρώματα, σε εναλλαγές με στρώματα άμμου.



Γεώτρηση Α18



Σχήμα 4: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης Α18.

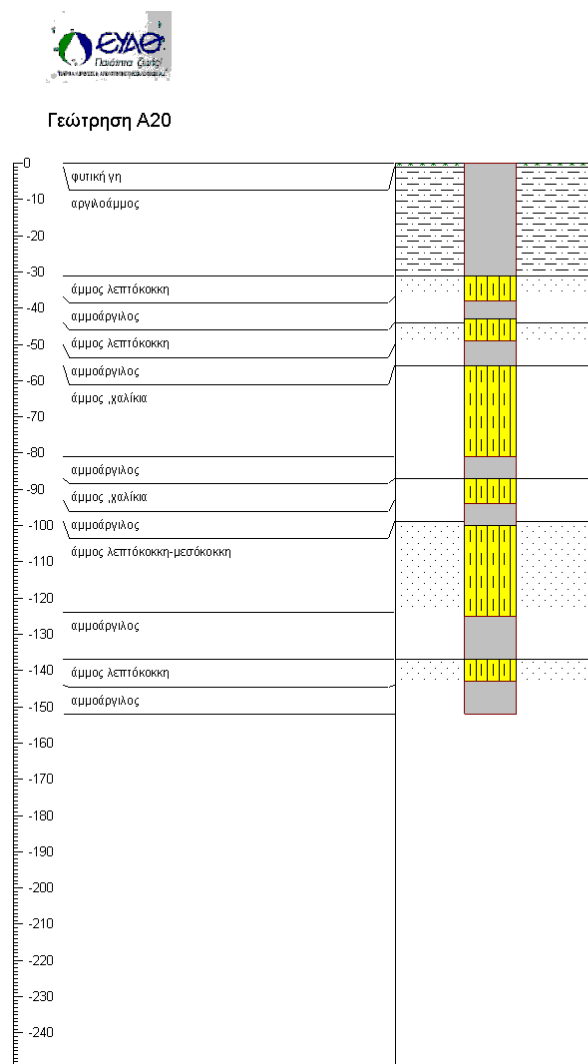


Εικόνα 10: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης Α18.

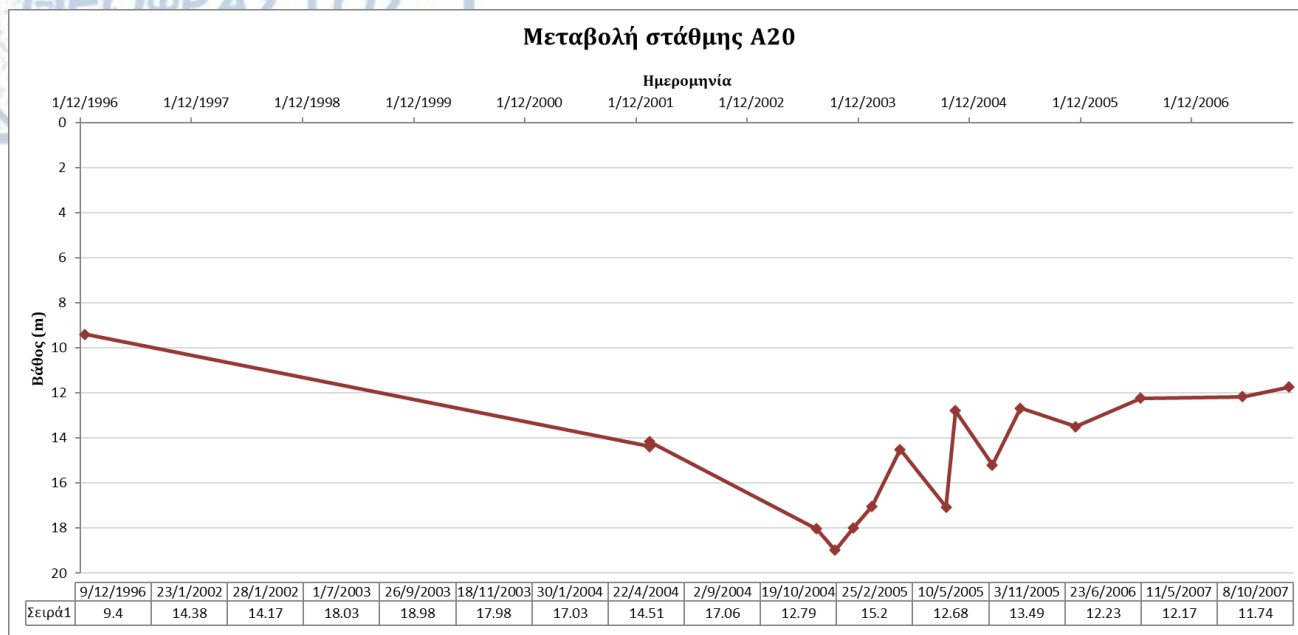
Στην εικόνα 10 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Α18. Από την αρχή του διαγράμματος παρατηρείται πτωτική τάση της καμπύλης, η οποία οφείλεται σε περιόδους λειτουργίας της γεώτρησης στα διαστήματα ανάμεσα στις πρώτες μετρήσεις στάθμης ηρεμίας. Σε γενικές γραμμές οι περίοδοι αυτοί διήρκεσαν από τα μέσα του 1997 έως τα μέσα του 2003, όπου στις 21/08/2003 καταγράφηκε και η χαμηλότερη στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης. Οι μετρήσεις ηρεμίας στο πρώτο μισό του διαγράμματος λήφθηκαν κυρίως σε περιόδους ελέγχου και συντήρησης της γεώτρησης, καθώς και σε περιόδους όπου υπήρχε επάρκεια νερού και η γεώτρηση τίθονταν εκτός λειτουργίας. Από το 2003 και έπειτα είναι εμφανής η ομαλή, ανοδική πορεία της καμπύλης, η οποία στις 08/10/2007 λαμβάνει τιμή 19.3 μέτρα απόλυτο βάθος.

3.5.7. Γεώτρηση A20

Η γεώτρηση A20 κατασκευάστηκε στα πλαίσια προγράμματος ανόρυξης γεωτρήσεων εκμετάλλευσης σε περιοχές των νομών Πέλλας και Θεσσαλονίκης, το 1990. Το βάθος της διάτρησης φτάνει τα 152 μέτρα και της σωλήνωσης τα 150 μέτρα. Το συνολικό μήκος των φιλτροσωλήνων αγγίζει τα 74 μέτρα και είναι τοποθετημένοι στα 31 έως 37.5 μέτρα, στα 43.5 έως τα 49 μέτρα, στα 56 έως τα 80.8 μέτρα, στα 87.1 έως τα 93.3 μέτρα, στα 99.6 έως τα 124.4 μέτρα και στα 137 έως τα 143.2 μέτρα. Η αρχική στάθμη ηρεμίας της μετρήθηκε στα 12.09 μέτρα και η κρίσιμη παροχή της είναι $170 \text{ m}^3/\text{h}$. Από τη λιθολογική της στήλη (Σχήμα 5) φαίνεται πως τα κύρια υλικά που παρατηρούνται είναι λεπτόκοκκη άμμος και αμμοάργιλος σε εναλλαγές.



Σχήμα 5: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης A20.



Εικόνα 11: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης Α20.

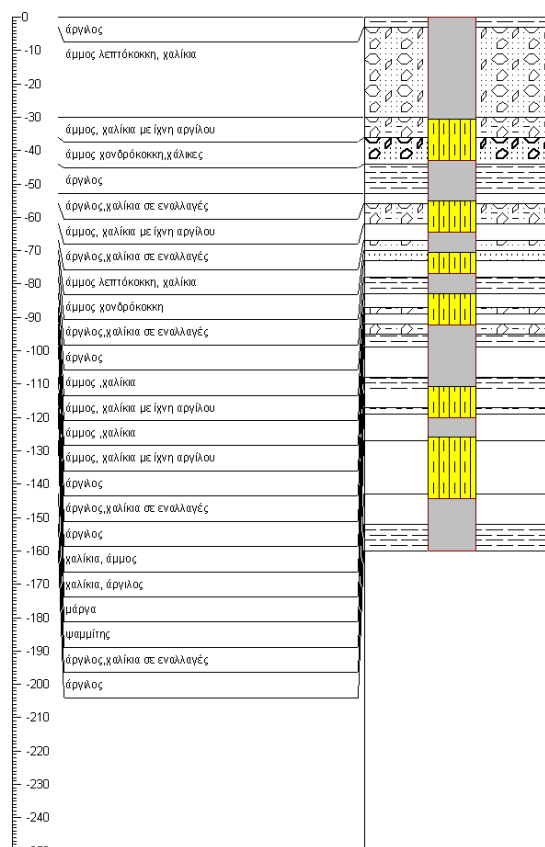
Στην εικόνα 11 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Α20. Η πτωτική τάση της καμπύλης στην αρχή του διαγράμματος ταυτίζεται με την περίοδο λειτουργίας της γεώτρησης στα χρονικά πλαίσια της περιόδου που εξετάζει η παρούσα εργασία, η οποία διήρκεσε από το 1996 έως το 2003, με μια διακοπή τον χειμώνα του 2002. Στις 26 Σεπτεμβρίου του 2003 καταγράφεται η χαμηλότερη στάθμη ηρεμίας του υπόγειου υδροφορέα, η οποία αγγίζει σχεδόν τα 19 μέτρα βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας. Έπειτα παρατηρείται σταδιακή άνοδος της στάθμης, η οποία επιτελείται με ακανόνιστο ρυθμό και συχνά διακόπτεται από μικρές πτώσεις της. Οι πτώσεις αυτές πιθανώς είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας κοντινών γεωτρήσεων, οι οποίες επηρεάζουν με αυτόν τον τρόπο τη στάθμη του υδροφορέα στην ευρύτερη περιοχή. Τέλος, οι στάθμη ηρεμίας φαίνεται να σταθεροποιείται από το 2006 και έπειτα στο απόλυτο βάθος των 12 μέτρων περίπου.

3.6. Γεώτρηση A22

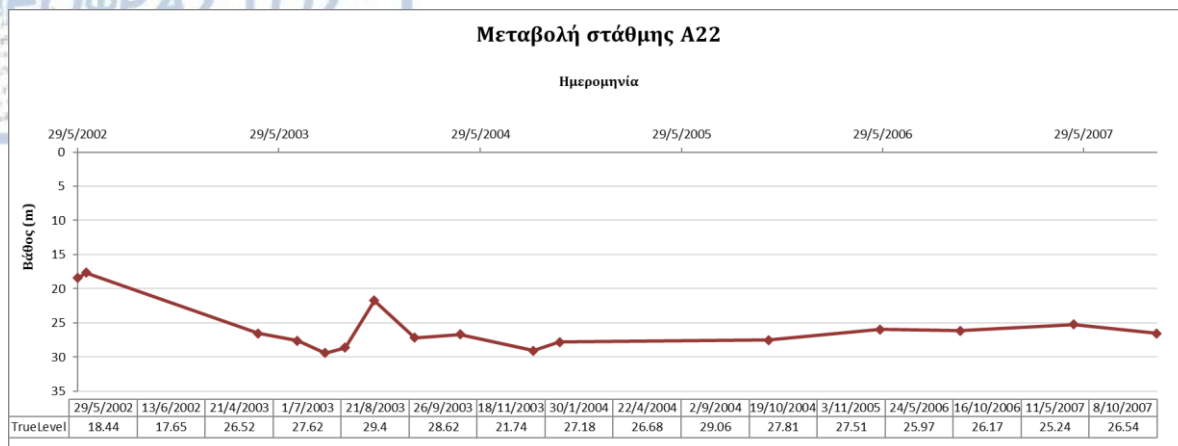
Η γεώτρηση A22 κατασκευάστηκε στην ίδια φάση με τη γεώτρηση A20 το 1990. Το βάθος της διάτρησης φτάνει τα 160 μέτρα και της σωλήνωσης τα 149.5 μέτρα. Το συνολικό μήκος των φιλτροσωλήνων αγγίζει τα 64.7 μέτρα και είναι τοποθετημένοι σε έξι τμήματα: από τα 30.6 μέτρα έως τα 42.9 μέτρα, από τα 55.1 μέτρα έως τα 64.4 μέτρα, από τα 70.6 μέτρα έως τα 76.8 μέτρα, από τα 83 μέτρα έως τα 92.2 μέτρα, από τα 110.6 μέτρα έως τα 120 μέτρα και από τα 126 μέτρα έως τα 144.3 μέτρα. Η αρχική στάθμη ηρεμίας της εκτιμήθηκε στα 26.45 μέτρα, ενώ η κρίσιμη παροχή της υπολογίστηκε στα 70 m³/h και η παροχή εκμετάλλευσης στα 50 m³/h. Τα κύρια υλικά που βρίσκονται στο σημείο αυτό, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6, είναι άμμος και χαλίκια στα οποία παρεμβάλλονται στρώματα αργίλου, που συχνά βρίσκονται σε εναλλαγές με χαλίκια. Στα πιο μεγάλα βάθη εντοπίζεται επίσης ένα στρώμα μάργας από τα 119 μέτρα έως τα 127 μέτρα, και ψαμμίτης από τα 127 μέτρα έως τα 143 μέτρα.



Γεώτρηση A22



Σχήμα 6: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης A22.



Εικόνα 12: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης Α22.

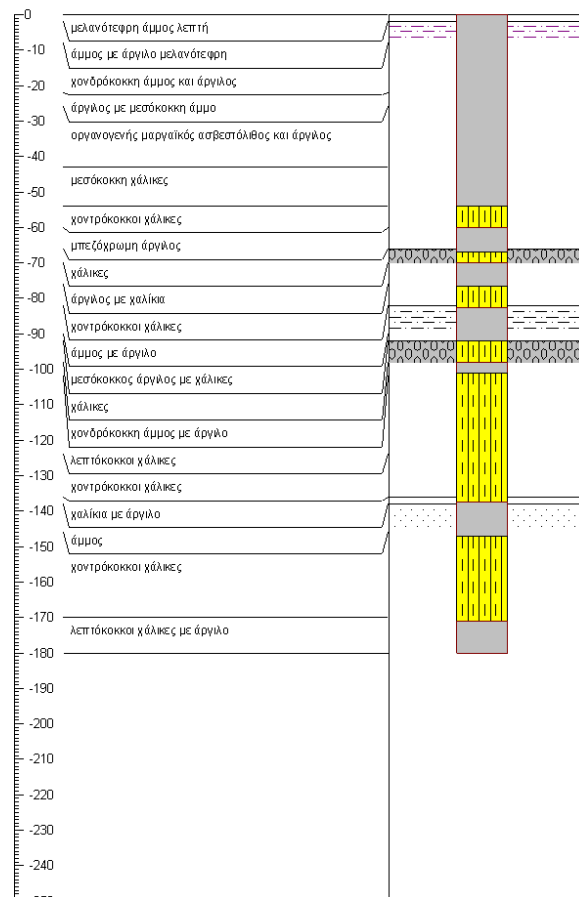
Στην εικόνα 12 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Α22. Σε αυτή τη περίπτωση τα διαθέσιμα δεδομένα καλύπτουν την περίοδο από το 2002 και έπειτα, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες γεωτρήσεις του δείγματος. Παρατηρείται ότι από την αρχή του διαγράμματος έως και τα μέσα του 2003 υπάρχει μια έντονη πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού, με τη χαμηλότερη στάθμη να φτάνει το απόλυτο βάθος των 29.4 μέτρων τον Αύγουστο του ίδιου έτους. Ακολουθεί απότομη και σύντομη ανοδική πορεία της καμπύλης, η οποία παίρνει την ελάχιστη τιμή της στα 21.74 μέτρα στις 18 Νοεμβρίου του 2003. Έκτοτε, έπειτα από μια μικρή πτώση, η καμπύλη φαίνεται σχετικά σταθερή με μέση τιμή περίπου τα 26 μέτρα απόλυτο βάθος.

3.7. Γεώτρηση Α26

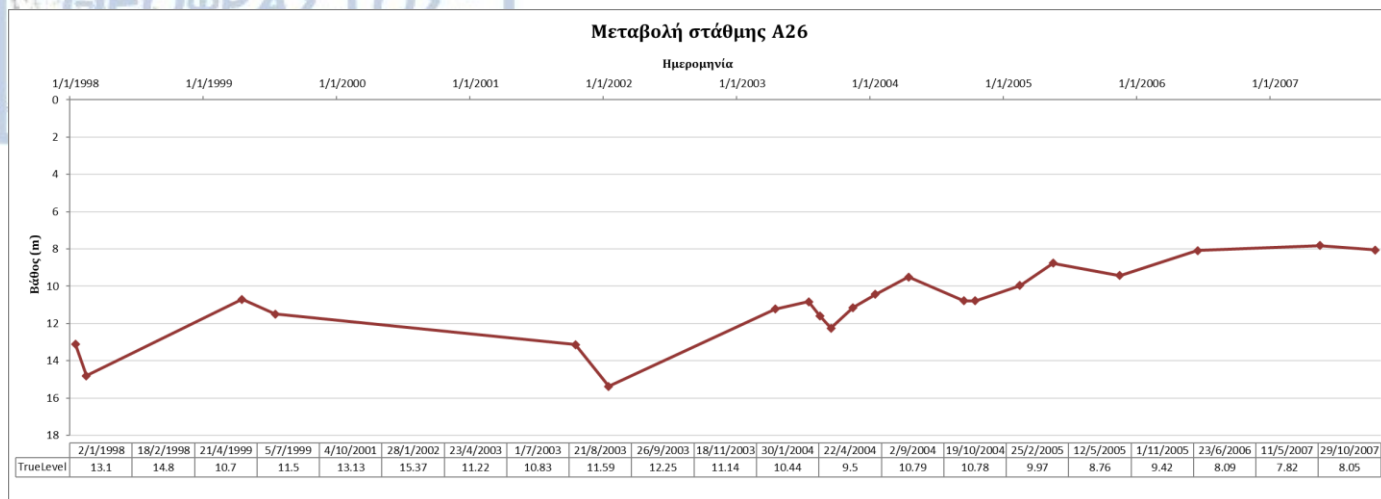
Η γεώτρηση Α26 κατασκευάστηκε το 1991 στα πλαίσια του έργου «Ανόρυξη πέντε γεωτρήσεων σε περιοχές του νομού Πέλλας και Θεσσαλονίκης». Το βάθος της διάτρησης αγγίζει τα 180 μέτρα και της σωλήνωσης τα 173.3 μέτρα. Το μήκος των φιλτροσωλήνων συνολικά φτάνει τα 81.7 μέτρα και είναι τοποθετημένοι σε έξι σημεία: από τα 54 έως τα 60 μέτρα, από τα 67 έως τα 70 μέτρα, από τα 76.5 έως τα 82.7 μέτρα, από τα 92 έως τα 98 μέτρα, από τα 101 έως τα 137.5 μέτρα και από τα 147 έως τα 171 μέτρα. Η αρχική στάθμη ηρεμίας της μετρήθηκε στα 35.7 μέτρα και η κρίσιμη παροχή της στα 155 m³/h. Όπως φαίνεται και από τη λιθολογική της στήλη (Σχήμα 7) τα κύρια υλικά που υπάρχουν στο σημείο είναι άμμος, άργιλος και χαλίκια, αυτούσια ή και σε συνδυασμούς μεταξύ τους. Χαρακτηριστική εμφάνιση είναι αυτή ενός οργανογενούς μαργαϊκού ασβεστόλιθου που βρίσκεται μαζί με άργιλο από τα 26 έως τα 43 μέτρα βάθος.



Γεώτρηση Α26



Σχήμα 7: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης Α26.



Εικόνα 13: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης A26.

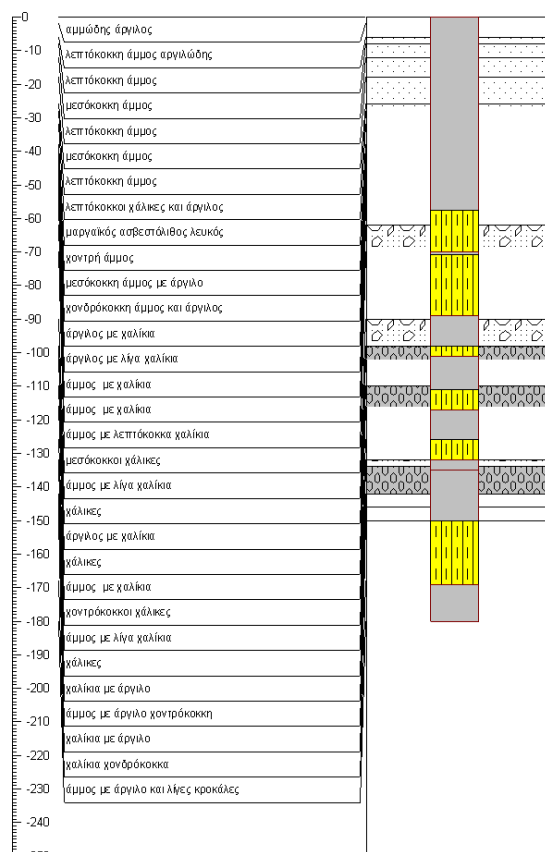
Στην εικόνα 13 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση A26. Η καμπύλη ξεκινά με αυξητική τάση η οποία συνεχίζεται μέχρι τις αρχές του 1999. Ακολουθεί μικρή αλλά σταθερή πτωτική πορεία κατά το διάστημα 1999-2001, η οποία οφείλεται σε μια σύντομη περίοδο λειτουργίας της που παρεμβάλλεται στις μετρήσεις της στάθμης ηρεμίας της, ίσως και σε συνδυασμό με εξωτερικούς παράγοντες, όπως την εκμετάλλευση του υδροφορέα από κοντινές περιοχές. Από τις αρχές του 2002, όπου καταγράφεται η ελάχιστη στάθμη στα 15.37 μέτρα απόλυτο βάθος, και έπειτα, παρατηρείται μια γενική αυξητική τάση με μερικές παρεκτροπές από τα μέσα του 2003 έως τις αρχές του 2005. Ωστόσο, αυτές οι ανωμαλίες φαίνεται να ομαλοποιούνται από το 2005 και η καμπύλη σταθεροποιείται περίπου στην απόλυτη τιμή βάθους των 8 μέτρων.

3.8. Γεώτρηση Α27

Η γεώτρηση Α27 κατασκευάστηκε στα πλαίσια του ίδιου έργου με την Α26, το 1992. Το βάθος της διάτρησης φτάνει τα 180 μέτρα και την σωλήνωσης τα 170.9 μέτρα. Το συνολικό μήκος των φιλτροσωλήνων ανέρχεται στα 70.7 μέτρα και είναι τοποθετημένοι σε επτά διαφορετικά σημεία: από τα 57.5 έως τα 70 μέτρα, από τα 70.8 έως τα 89 μέτρα, από τα 98 έως τα 101 μέτρα, από τα 111 έως τα 117 μέτρα, από τα 126 έως τα 132 μέτρα, από τα 135 έως τα 141 μέτρα και από τα 150 έως τα 169 μέτρα. Η αρχική στάθμη ηρεμίας της μετρήθηκε στα 40.8 μέτρα και η κρίσιμη παροχή της υπολογίστηκε στα 90 m³/h. Από τη λιθολογική της στήλη (Σχήμα 8) παρατηρούμε πως τα επικρατέστερα υλικά στη περιοχή της γεώτρησης είναι λεπτόκοκκη – μεσόκοκκη άμμος κυρίως στα ανώτερα στρώματα και χαλίκια ή αμμοχάλικο στα κατώτερα. Σε κάποια από τα στρώματα εντοπίζεται και άργιλος μαζί με τα υπόλοιπα υλικά. Επίσης, χαρακτηριστική είναι και η εμφάνιση ενός στρώματος λευκού μαργαϊκού ασβεστόλιθου από τα 32 έως τα 38 μέτρα βάθος.



Γεώτρηση Α27



Σχήμα 8: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης Α27.



Εικόνα 14: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης Α27.

Στην εικόνα 14 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Α27. Αρχικά η καμπύλη ακολουθεί ομαλή πτωτική πορεία η οποία συνεχίζεται μέχρι τις αρχές του 2003, όπου φτάνει τη χαμηλότερη τιμή της στα 19.73 μέτρα απόλυτο βάθος. Έπειτα παρατηρείται μια απότομη άνοδος της στάθμης στα 15 περίπου μέτρα και η οποία διατηρείται για τους επόμενους έξι μήνες. Ακολουθούν «διαταραχές» στην καμπύλη της στάθμης, με αυξομειώσεις της που συνεχίζονται έως τις αρχές του 2005 και οι οποίες πιθανώς να οφείλονται σε εξωτερικούς παράγοντες, όπως τη λειτουργία κοντινών στην Α27 γεωτρήσεων. Τέλος, από το 2005 και έκτοτε παρατηρείται σταθεροποίηση της καμπύλης στην απόλυτη τιμή βάθους των 13 περίπου μέτρων.

3.9. Γεώτρηση Α28

Η γεώτρηση Α28 κατασκευάστηκε ως μέρος του ίδιου προγράμματος με τις Α26 και Α27, το 1992. Το βάθος της διάτρησης φτάνει τα 170 μέτρα και της σωλήνωσης τα 161.8 μέτρα. Η αρχική στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης μετρήθηκε στα 13.55 μέτρα, ενώ η κρίσιμη παροχή και η παροχή εκμετάλλευσης καθορίστηκαν στα 180 m³/h. Όπως παρατηρούμε και στη λιθολογική της στήλη (Σχήμα 9), στα ανώτερα στρώματα κυριαρχεί η άμμος μαζί με άργιλο, ενώ στα κατώτερα εμφανίζονται περισσότερο χαλίκια με παρεμβολές στρωμάτων άμμου ή αργίλου με χαλίκια.

αρχή	τέλος		σηματισμός
0	4	4	άργιλος αμμούχος
4	14	10	άμμος λεπτόκοκκη με άργιλο
14	24	10	άμμος μεσόκοκκη με γκριζόχρωμη άργιλο
24	32	8	άμμος μεσόκοκκη με λίγη γκριζόχρωμη άργιλο
32	50	18	άμμος μεσόκοκκη με άργιλο
50	64	14	χαλίκια
64	74	10	χαλίκια μεσόκοκκα με όστρακα
74	78	4	άργιλος με χαλίκια
78	84	6	χαλίκια μεσόκοκκα και χοντρόκοκκα
84	86	2	χαλίκια λεπτόκοκκα με άμμο
86	90	4	χαλίκια μεσόκοκκα
90	92	2	άμμος με άργιλο μπεζόχρωμη
92	112	20	χαλίκια χοντρόκοκκα
64	74	10	χαλίκια μεσόκοκκα με όστρακα
74	78	4	άργιλος με χαλίκια
78	84	6	χαλίκια μεσόκοκκα και χοντρόκοκκα
84	86	2	χαλίκια λεπτόκοκκα με άμμο
86	90	4	χαλίκια μεσόκοκκα
90	92	2	άμμος με άργιλο μπεζόχρωμη
92	112	20	χαλίκια χοντρόκοκκα
112	118	6	άμμος με λεπτόκοκκα χαλίκια
118	138	20	χαλίκια χοντρόκοκκα
138	154	16	άργιλος με μεσόκοκκα χαλίκια
154	160	6	χαλίκια χοντρόκοκκα
160	170	10	χαλίκια λεπτόκοκκα με άργιλο

Σχήμα 9: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης Α28.

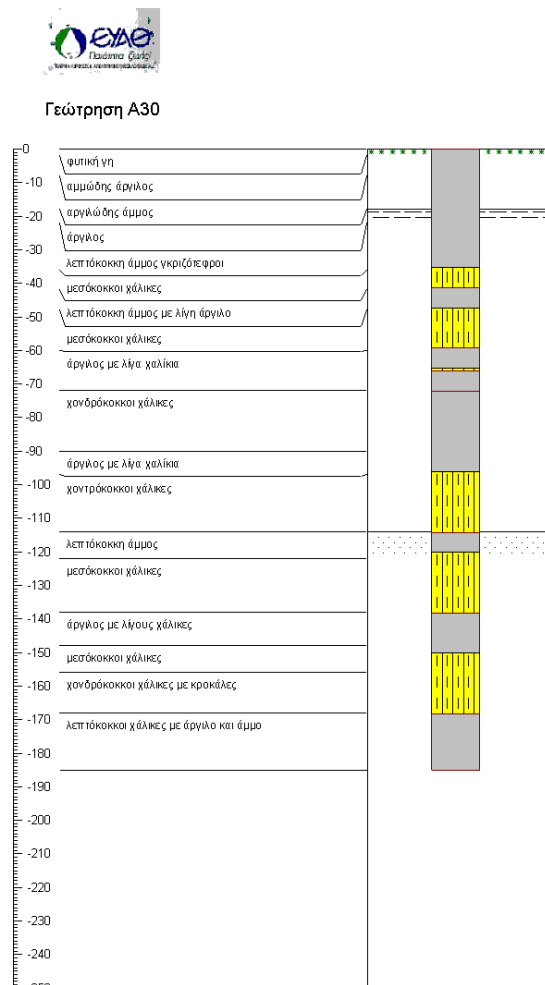


Εικόνα 15: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης Α28.

Στην εικόνα 15 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Α28. Στην αρχή της καμπύλης διακρίνεται έντονα η μεγάλη διακύμανση της στάθμης κατά την υγρή και την ξηρή περίοδο, όταν γίνεται κατάχρηση του υδροφορέα ακόμη και από τις κοντινές γεωτρήσεις. Η στάθμη από τα 9.55 μέτρα απόλυτο βάθος στο τέλος της υγρής περιόδου του 1998 αποκτά απότομα σχεδόν διπλάσιο βάθος φτάνοντας τα 18.35 μέτρα. Μέχρι το τέλος της επόμενης υγρής περιόδου (Απρίλιος 1999) η στάθμη επανέρχεται σε μικρά βάθη αγγίζοντας ξανά τα 10 περίπου μέτρα. Έως και το 2001 η καμπύλη κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, με ανώτερη στάθμη τα 6,1 μέτρα στις 14/11/2001, και έκτοτε παρατηρείται πτωτική τάση, η οποία σταματά στις αρχές του 2005 σχεδόν στα 14 μέτρα απόλυτο βάθος, λόγω μιας περιόδου λειτουργίας της γεώτρησης η οποία διήρκεσε έως και το 2004 . Από κει και έπειτα η καμπύλη ακολουθεί ανοδική πορεία και σταθεροποιείται σε μικρότερο απόλυτο βάθος από το αρχικό, στα 12 μέτρα.

3.10. Γεώτρηση A30

Η γεώτρηση A30 κατασκευάστηκε το 1993, ως μέρος του έργου ανόρυξης έξι γεωτρήσεων σε περιοχές των νομών Πέλλας και Θεσσαλονίκης. Το βάθος διάτρησης φτάνει τα 185 μέτρα και της σωλήνωσης τα 170.5 μέτρα. Το συνολικό μήκος των φιλτροσωλήνων ανέρχεται στα 90.9 μέτρα και είναι τοποθετημένοι σε επτά διαφορετικά σημεία: από τα 35.3 έως τα 41.3 μέτρα, από τα 47.3 έως τα 59.3 μέτρα, από τα 65.3 έως τα 66.2 μέτρα, από τα 72.2 έως τα 90.2 μέτρα, από τα 96.2 έως τα 114.2 μέτρα, από τα 120.2 έως τα 138.2 μέτρα και από τα 150.2 έως τα 168.2 μέτρα. Η αρχική στάθμη ηρεμίας της μετρήθηκε στα 24.14 μέτρα, ενώ η κρίσιμη παροχή εκτιμήθηκε στα 210 m³/h και η παροχή εκμετάλλευσης στα 200 m³/h. Στη λιθολογική της στήλη (Σχήμα 10) παρατηρούμε πως στα ανώτερα στρώματα της γεώτρησης επικρατέστερο υλικό είναι η άργιλος και αργιλώδης άμμος, ενώ στα μεγαλύτερα βάθη κυριαρχούν μεσόκοκκοι - χονδρόκοκοι χάλικες με κάποιες αργιλικές εμφανίσεις σε αυτά, ενώ παρεμβάλλεται και ένα στρώμα λεπτόκοκκης άμμου.



Σχήμα 10: Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης A30.



Εικόνα 16: Διάγραμμα διακύμανσης στάθμης της γεώτρησης Α30.

Στην εικόνα 16 παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης ηρεμίας του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Α30. Στην αρχή του διαγράμματος παρατηρείται έντονη πτώση της στάθμης η οποία διαρκεί έως τα τέλη του 2002, όπου και λαμβάνει τη κατώτερη απόλυτη τιμή της στο βάθος των 12.6 μέτρων. Η πτώση αυτή ταυτίζεται σε δύο περιόδους λειτουργίας της γεώτρησης, οι οποίες παρεμβάλλονται στις πρώτες τέσσερις μετρήσεις της στάθμης ηρεμίας. Από τις αρχές του 2003 παρατηρείται μια μικρή αύξηση της στάθμης, η οποία γίνεται σημαντικότερη από το τέλος του ίδιου έτους. Η ανοδική τάση της καμπύλης συνεχίζεται και σχετικά σταθεροποιείται από το 2005 και έπειτα, περίπου στα 6 μέτρα απόλυτο βάθος.

4. ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

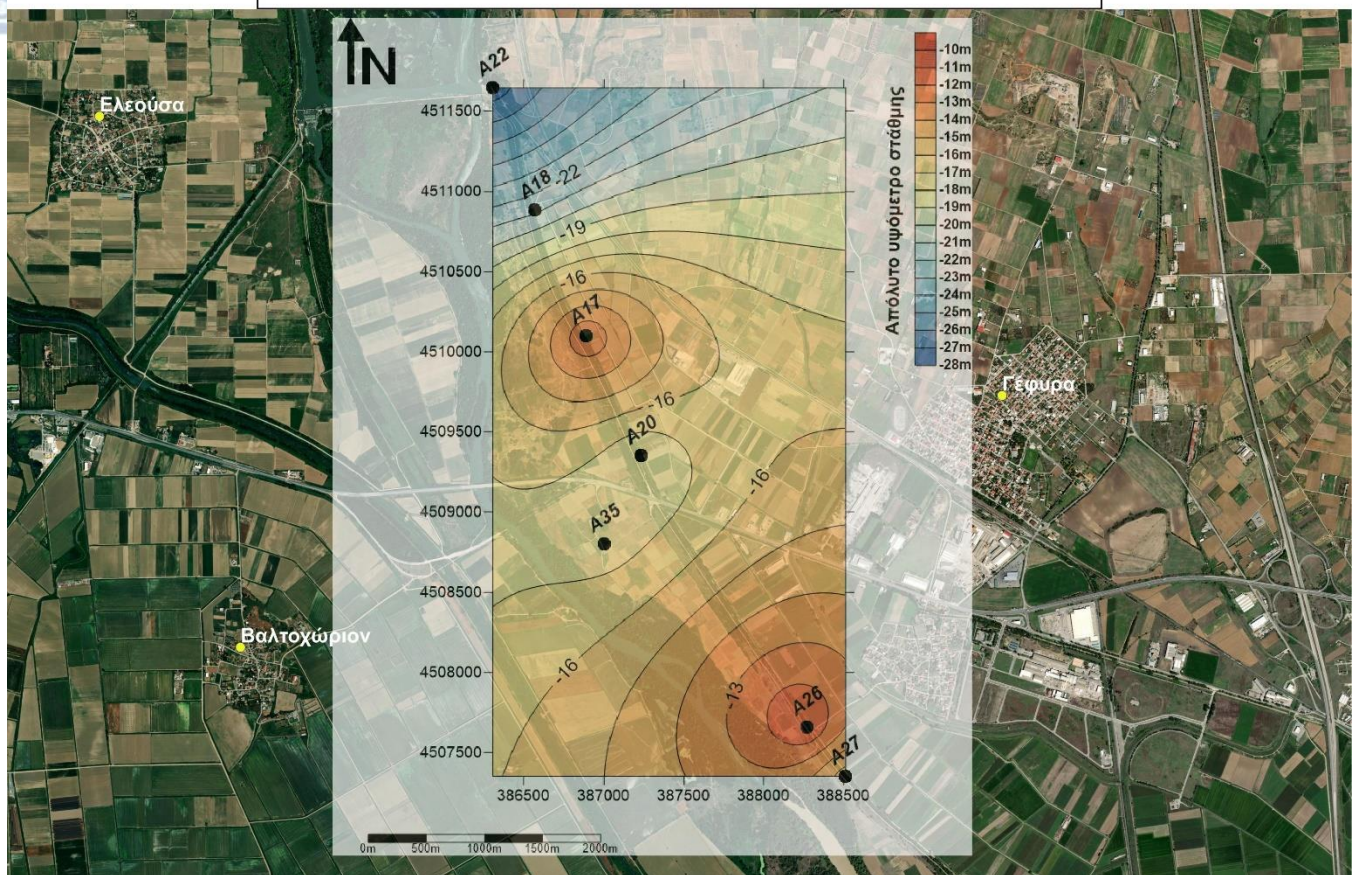
Οι πιεζομετρικοί χάρτες παρέχουν σημαντικά στοιχεία για τη διεύθυνση ροής του υπόγειου νερού, το είδος των υδρογεωλογικών ορίων, τις περιοχές τροφοδοσίας κ.α. (Βουδούρης Κ. Κ., 2015). Σε αυτούς παρουσιάζονται οι πιεζομετρικές επιφάνειες του υδροφορέα, δηλαδή ο γεωμετρικός τόπος των σημείων της επιφάνειας του νερού που απέχουν ίση απόσταση από το επίπεδο αναφοράς. Οι επιφάνειες αυτές απεικονίζονται με τις πιεζομετρικές καμπύλες (Βουδούρης Κ. , 2013).

Για την καλύτερη απεικόνιση της κατάστασης του υπόγειου υδροφόρου στρώματος της εκάστοτε στιγμής πρέπει η κατανομή των γεωτρήσεων να είναι ομοιόμορφη σε όλη τη περιοχή και να είναι αντιπροσωπευτικές για όλους τους τύπους των υδροφορέων (Βουδούρης Κ. , 2013). Δυστυχώς, στην περίπτωση της επιλεγμένης περιοχής μελέτης αυτό δεν είναι δυνατό, καθώς η κατανομή των γεωτρήσεων είναι γραμμική, κατά μήκος του ποταμού Αξιού. Επομένως, είναι πολύ πιθανό τα αποτελέσματα των παρακάτω χαρτών να παρεκκλίνουν από την πραγματικότητα, γεγονός που πρέπει να έχουμε κατά νου για μελλοντική τους χρήση.

Για την κατασκευή των πιεζομετρικών χαρτών συλλέχθηκαν μετρήσεις της στάθμης ηρεμίας του υδροφορέα από όλες της γεωτρήσεις της περιοχής του Αξιού για την περίοδο 1997-2007. Έπειτα από προσεκτική εξέταση των δεδομένων επιλέχθηκαν με κριτήριο το πλήθος των διαθέσιμων μετρήσεων οι περίοδοι για τις οποίες θα κατασκευάζονταν οι χάρτες αυτοί. Οι περίοδοι αυτοί αντιστοιχούν στον Ιούλιο και Νοέμβριο του 2003 και στον Μάιο και Οκτώβριο του 2007. Οι πίνακες με τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη κάθε περίοδο παρατίθενται στο παράρτημα. Μετά τη συλλογή των στάθμεων ηρεμίας έγινε η αναγωγή τους στο απόλυτο υψόμετρο, αφαιρώντας από τη κάθε στάθμη το απόλυτο υψόμετρο της γεώτρησης που της αντιστοιχεί. Η κατασκευή των χαρτών έγινε αρχικά με το πρόγραμμα Surfer και έπειτα σε περιβάλλον GIS έγινε η σύνθεσή τους με το τοπογραφικό υπόβαθρο.

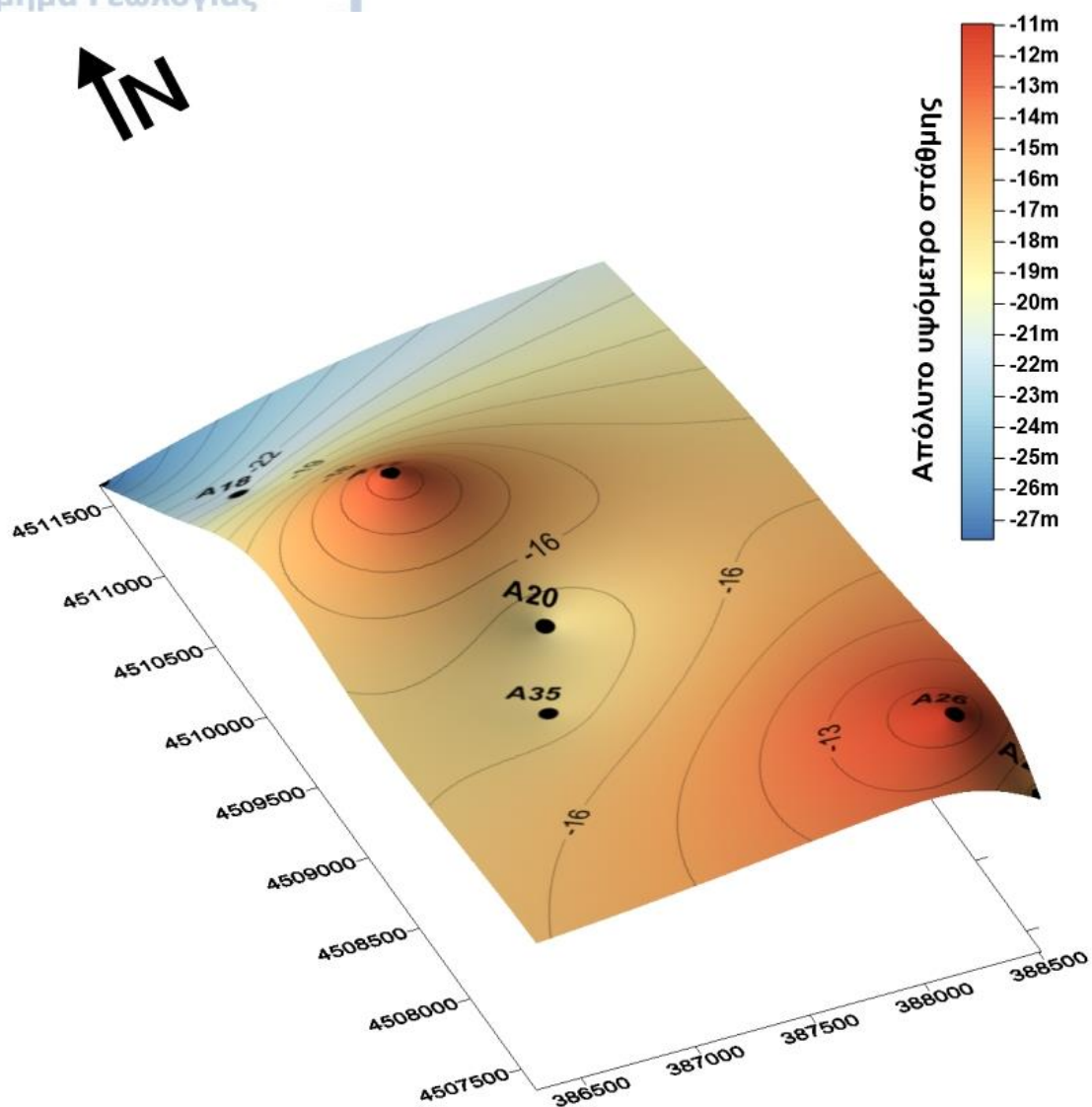
Η κατασκευή των πιεζομετρικών χαρτών έγινε με σκοπό τη παράθεσή τους και τη σύγκριση της υγρής και ξηρής περιόδου του έτους 2003 με τις αντίστοιχες του έτους 2007. Με αυτόν τον τρόπο οπτικοποιούνται οι εκάστοτε επικρατούσες συνθήκες και διευκολύνεται η διεξαγωγή των συμπερασμάτων.

Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής του Αξιού για τον Ιούλιο του 2003



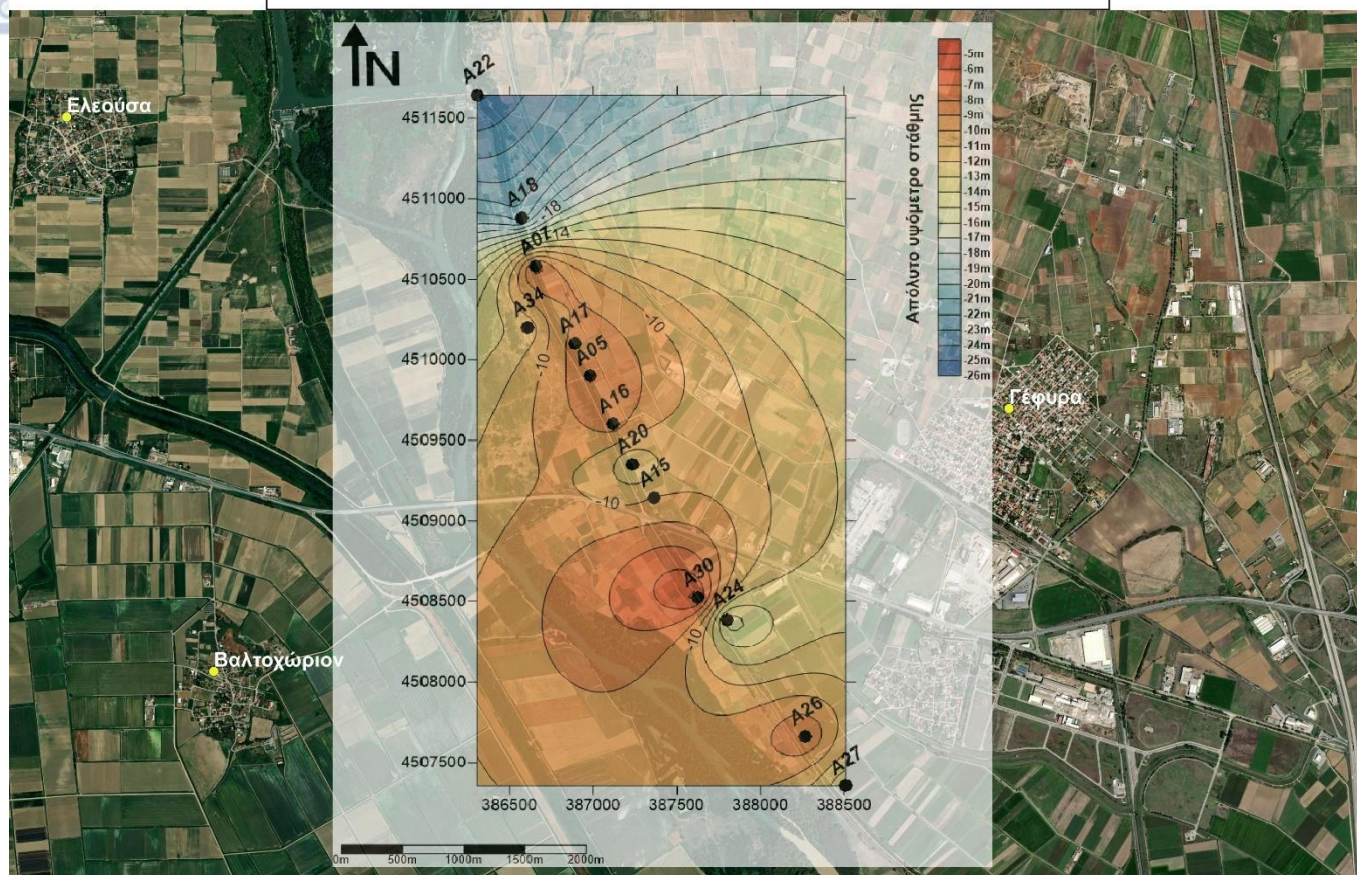
Εικόνα 17: Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής του Αξιού για τον Ιούλιο του 2003.

Στην εικόνα 17 παρουσιάζεται ο πιεζομετρικός χάρτης για την περιοχή ενδιαφέροντος για τον μήνα Ιούλιο του 2003, ενώ στο σχήμα 11 βλέπουμε σε τρισδιάστατη απεικόνιση την πιεζομετρική επιφάνεια του ίδιου μήνα. Παρατηρούμε γενικά ότι στα κεντρικά και νότια της περιοχής εντοπίζουμε σε μικρότερα βάθη τη στάθμη του υπόγειου νερού, σε αντίθεση με το βόρειο τμήμα της όπου το βάθος της πιεζομετρικής επιφάνειας αυξάνεται απότομα. Η ανώτερη στάθμη εντοπίζεται στη γεώτρηση A26 στο απόλυτο βάθος των 10.83 μέτρων, στα νοτιοανατολικά της περιοχής, ενώ η κατώτερη εντοπίζεται στη γεώτρηση A22 στο απόλυτο βάθος των 27.62 μέτρων, στα βορειοδυτικά της. Οι πιεζομετρικές καμπύλες παρουσιάζουν γενικά αραιή διάταξη, που είναι ένδειξη μικρής υδραυλικής κλίσης.



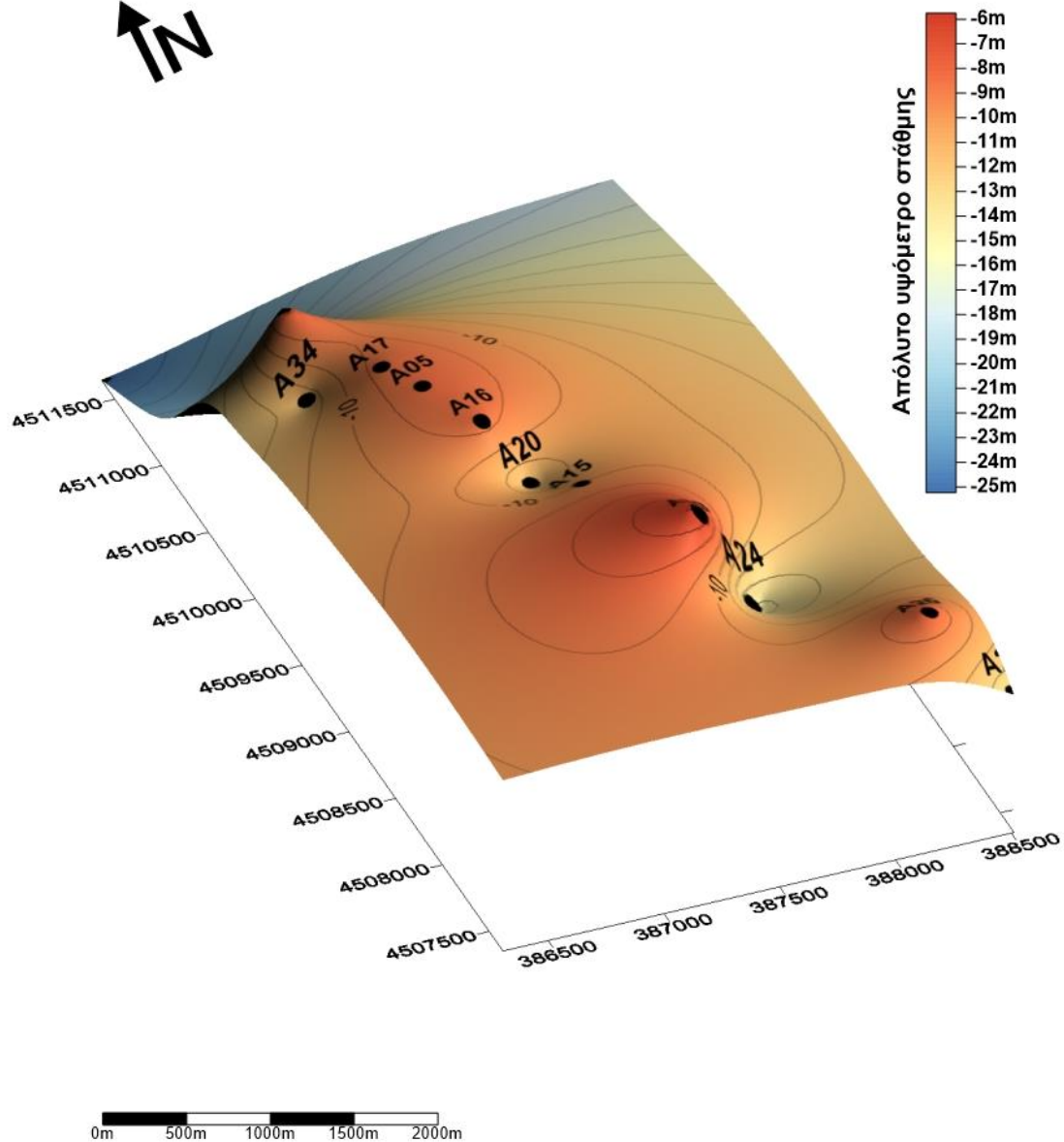
Σχήμα 11: Τρισδιάστατο μοντέλο της πιεζομετρικής επιφάνειας στην περιοχή του Αξίου τον Ιούλιο του 2003.

Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής του Αξιού για τον Μάιο του 2007



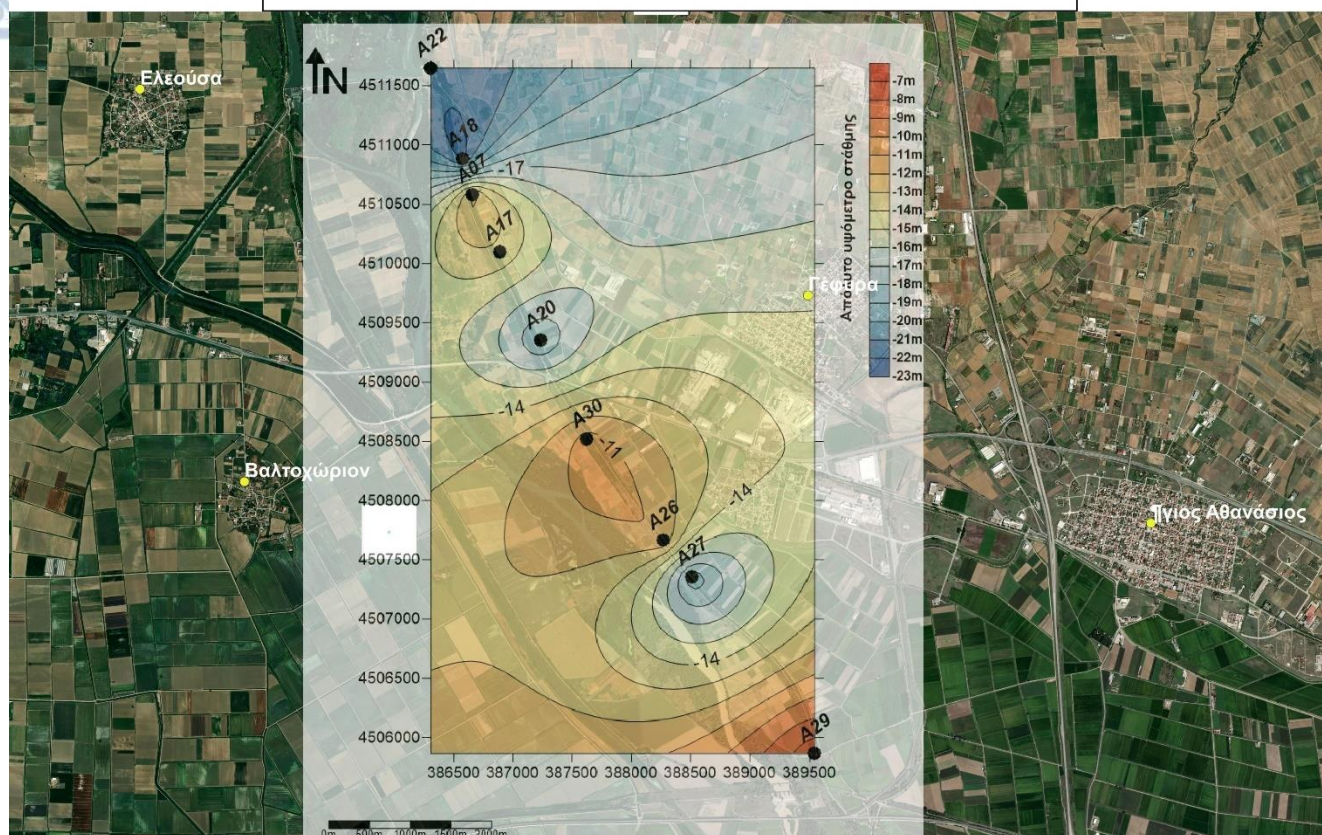
Εικόνα 18: Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής του Αξιού για τον Μάιο του 2007.

Στην εικόνα 18 παρουσιάζεται ο πιεζομετρικός χάρτης για την περιοχή ενδιαφέροντος για τον μήνα Μάιο του 2007, ενώ στο σχήμα 12 βλέπουμε σε τρισδιάστατη απεικόνιση την πιεζομετρική επιφάνεια της ίδιας περιόδου. Και σε αυτή τη περίπτωση παρατηρούνται γενικά χαμηλότερες στάθμες στο βόρειο τμήμα της περιοχής και υψηλότερες στο κεντρικό και νότιο τμήμα της. Ωστόσο, οι τιμές της πιεζομετρικής επιφάνειας είναι αισθητά υψηλότερες από αυτές του Ιουλίου του 2003. Η υψηλότερη τιμή μετρήθηκε στη γεώτρηση A30 στα 5.62 μέτρα απόλυτο βάθος, στο κατώτερο κεντρικό τμήμα της περιοχής, και η χαμηλότερη στη γεώτρηση A22 στα 25.24 μέτρα απόλυτο βάθος, στα βορειοδυτικά. Οι πιεζομετρικές καμπύλες παρουσιάζουν πυκνότερη διάταξη κυρίως στα βόρεια, αλλά και στα νοτιοανατολικά σε σχέση με την Εικόνα 17, που σημαίνει πως η υδραυλική κλίση αυξήθηκε. Η αυξημένη υδραυλική κλίση ισοδυναμεί με αυξημένη παροχή του υπόγειου υδροφόρου στρώματος.



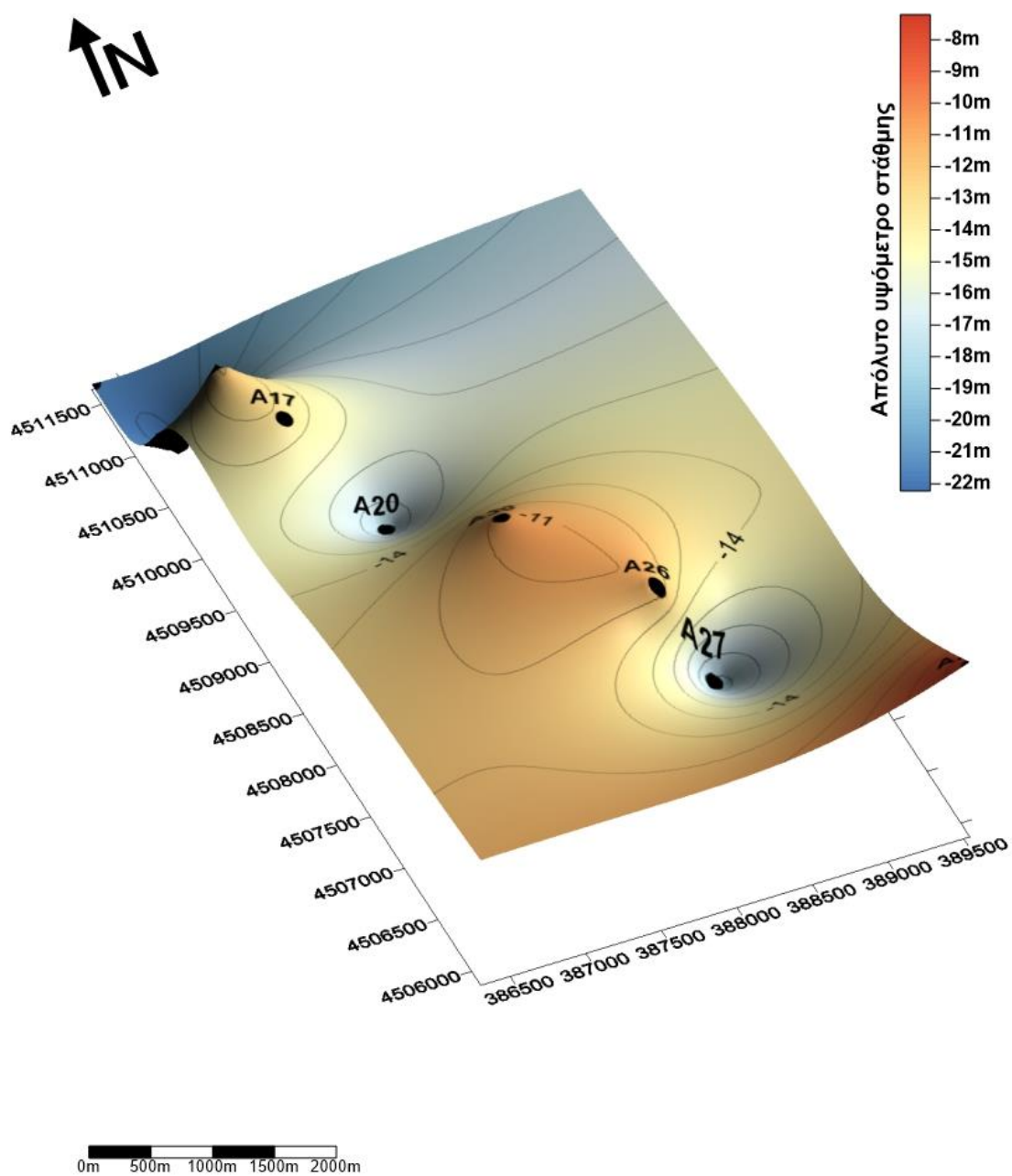
Σχήμα 12: Τρισδιάστατο μοντέλο της πιεζομετρικής επιφάνειας στην περιοχή του Αξιού τον Μάιο του 2007.

Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής του Αξιού για το Νοέμβριο του 2003

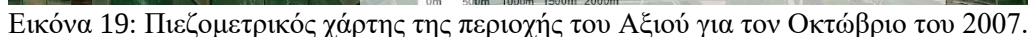


Εικόνα 18: Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής του Αξιού για το Νοέμβριο του 2003.

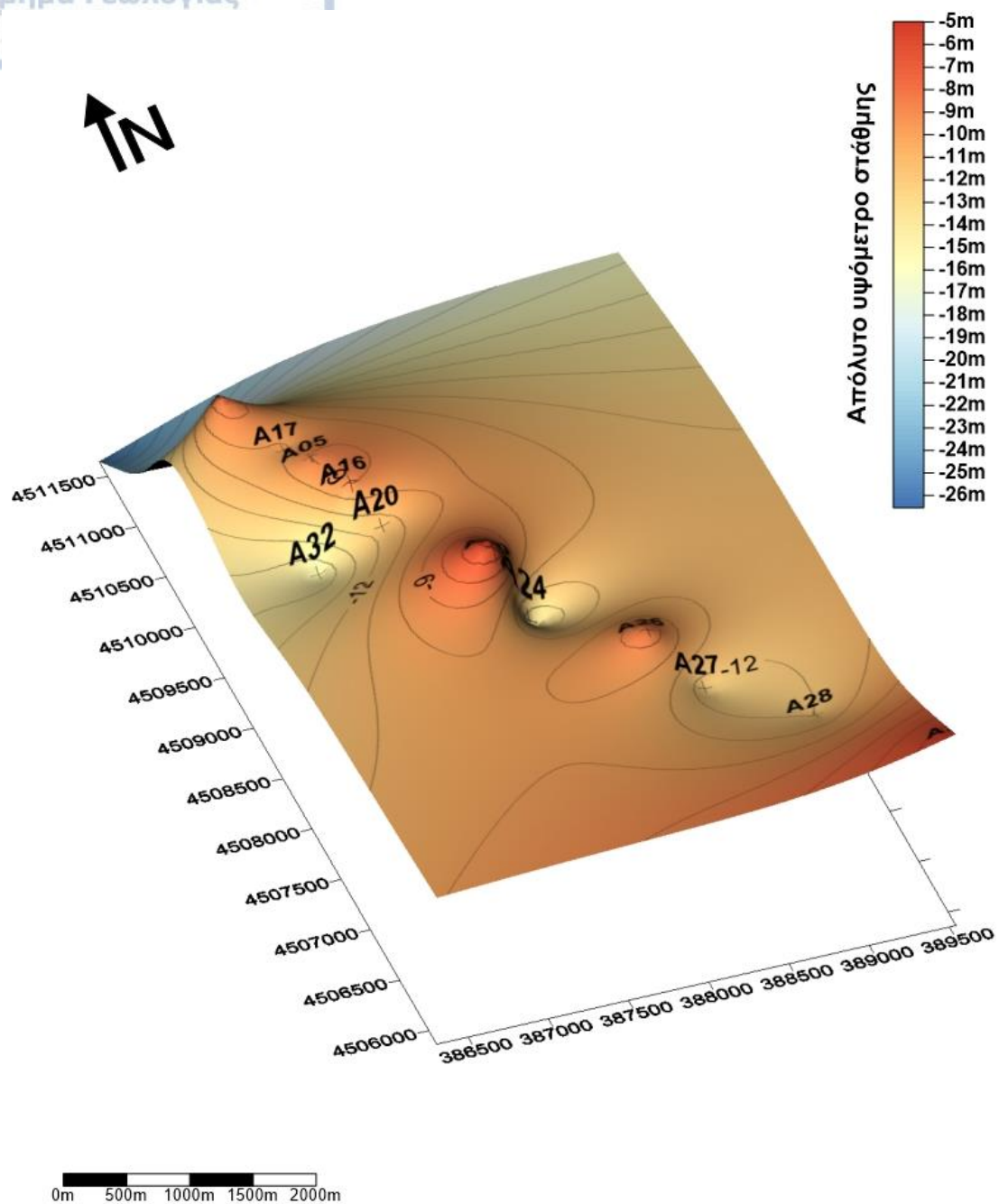
Στην εικόνα 19 παρουσιάζεται ο πιεζομετρικός χάρτης για την περιοχή ενδιαφέροντος για τον μήνα Νοέμβριο του 2003, ενώ στο σχήμα 13 βλέπουμε σε τρισδιάστατη απεικόνιση την πιεζομετρική επιφάνεια της ίδιας περιόδου. Γενικά παρατηρείται μια σταδιακή μετατόπιση της πιεζομετρικής επιφάνειας σε ανώτερα τοπογραφικά υψόμετρα από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά, η οποία ωστόσο δεν πραγματοποιείται ομαλά, καθώς σε περιοχές με υψηλή στάθμη παρεμβάλλονται περιοχές με χαμηλή. Η απόκλιση των υψομέτρων στις εναλλαγές αυτές κυμαίνεται από 5 έως 7 μέτρα. Οι πιεζομετρικές καμπύλες άλλοτε παρουσιάζουν αραιή διάταξη και άλλοτε πυκνότερη, γεγονός που σημαίνει ότι η υδραυλική κλίση ποικίλλει. Η ανώτερη στάθμη εντοπίζεται στη γεώτρηση A29 στο απόλυτο βάθος των 7.21 μέτρων, στα νοτιοανατολικά της περιοχής, ενώ η κατώτερη εντοπίζεται στη γεώτρηση A18 στο απόλυτο βάθος των 22.29 μέτρων, στα βορειοδυτικά.



Σχήμα 13: Τρισδιάστατο μοντέλο της πιεζομετρικής επιφάνειας στην περιοχή του Αξιού το Νοέμβριο του 2003.



58



Σχήμα 14: Τρισδιάστατο μοντέλο της πιεζομετρικής επιφάνειας στην περιοχή του Αξιού τον Οκτώβριο του 2007.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατέθηκαν στα κεφάλαια 3 και 4 για τις γεωτρήσεις στην περιοχή ανατολικά του ποταμού Αξιού, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Συγκρίνοντας τα δεδομένα για τον Ιούλιο του 2003 με τον Μάιο του 2007 (αρχές-μέσα ξηρής περιόδου) παρατηρείται γενική μεταβολή της πιεζομετρικής επιφάνειας σε ανώτερα τοπογραφικά υψόμετρα. Η κατώτερη καταγεγραμμένη στάθμη από τα 27.62 ανήλθε στα 25.24 μέτρα απόλυτο βάθος, ενώ η ανώτερη από τα 10.83 ανήλθε στα 5.62 μέτρα.
- Συγκρίνοντας τα δεδομένα για τον Νοέμβριο του 2003 με τον Οκτώβριο του 2007 (αρχές υγρής περιόδου) παρατηρείται γενική μεταβολή της πιεζομετρικής επιφάνειας σε ανώτερα τοπογραφικά υψόμετρα. Η κατώτερη καταγεγραμμένη στάθμη από το απόλυτο βάθος των 22.29 μέτρων μεταβλήθηκε σε αυτό των 26.54 μέτρων. Ωστόσο η παραπάνω μέτρηση καταγράφηκε σε διαφορετικές γεωτρήσεις. Εάν λάβουμε υπ' όψη για τη γεώτρηση Α18, που είναι αυτή με την κατώτερη στάθμη του έτους 2003, την αντίστοιχη μέτρηση για το έτος 2007, τότε από τα 22.29 μέτρα η στάθμη ανήλθε στα 19.3 μέτρα απόλυτο βάθος. Αντίστοιχα, η ανώτερη καταγεγραμμένη στάθμη από τα 7.21 μέτρα ανήλθε στα 4.98 μέτρα απόλυτο βάθος.
- Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και από τα διαγράμματα διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού. Σε όλες τις γεωτρήσεις που εξετάστηκαν παρατηρείται ανοδική τάση της καμπύλης στάθμης, η οποία ξεκινάει από τα τέλη του 2003 απότομα, αλλά ανομοιόμορφα. Η πορεία της καμπύλης εξομαλύνεται από το 2005 και έπειτα, και σχεδόν σταθεροποιείται έως και τα τέλη του 2007.
- Η γενική άνοδος της στάθμης από τα τέλη του 2003 θα μπορούσε να συσχετισθεί με την λειτουργία των εγκαταστάσεων του υδραγωγείου του Αλιάκμονα από το καλοκαίρι του ίδιου έτους. Με τη λειτουργία του υδραγωγείου καλύφθηκε το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών της Θεσσαλονίκης και των γύρω περιοχών, με αποτέλεσμα να τεθούν εκτός λειτουργίας μεγάλο πλήθος των γεωτρήσεων του αντλητικού πεδίου της



ΕΥΑΘ, κυρίως στην περιοχή του Καλοχωρίου. Επίσης μειώθηκε ο χρόνος λειτουργίας, σε ετήσια βάση, του αντλητικού πεδίου της περιοχής στα ανατολικά του Αξιού. Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο ένας διαχειριστικός στόχος που αφορά τον υπόγειο υδροφορέα της περιοχής μελέτης. Έτσι μπορεί να αναπληρώσει το φορτίο του και να ανακάμψει σε μεγάλο βαθμό καθώς με την ορθή διαχείριση θα αποφευχθεί η συνεχιζόμενη πτώση στάθμης.



Βιβλιογραφία

"ΥΔΡΕΜ" Ε.Π.Ε. ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΜΕΛΤΩΝ, "ΕΞΑΡΧΟΥ & ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ" Ε.Π.Ε. (1976).

Συμπληρωματικά έργα υδρεύσεως μείζονος περιοχής Θεσσαλονίκης - Έργα υδροδοτήσεως εξ υπόγειων υδάτων περιοχής Αξιου - Αξιολόγησις υδρογεωλογικών εργασιών περιοχής Αξιού. Αθήνα: Υπουργείο Δημοσίων Έργων .

Ghilardi, M., Kunesch, S., Styllas, M., & Fouache, E. (2008, Μάιος).

Reconstruction of Mid-Holocene sedimentary environments in the central part of the Thessaloniki Plain (Greece), based on microfaunal identification, magnetic susceptibility and grain-size analyses. Geomorphology.

Shared Surface Waters in SE Europe - Vardar/Axios River Sub-basin. (χ.χ.).

Ανάκτηση από inweb:

http://www.inweb.gr/workshops2/sub_basins/10_Axios.html

Vouvalidis, K. (2019). Greek case studies: Long term geomorphological changes in the coastal zone of the Thermaikos Gulf, Salonika Region, North Greece.

Ανάκτηση από <http://www.coastalwiki.org>

Αμανατίδου, Μ.-Π. (2020). Υδρογεωλογικές συνθήκες στην πεδινή περιοχή Χαλκηδόνας, δυτικά του ποταμού Αξιού, Ν. Θεσσαλονίκης. Διπλωματική εργασία., Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σπυρίδης Α. - Κουτάλου Β. Ο.Ε. -

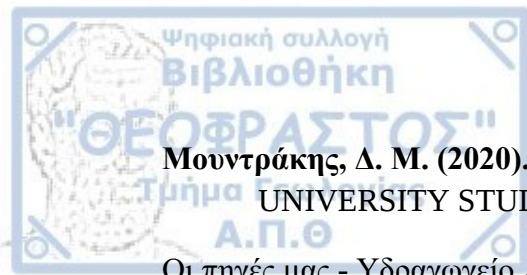
"ΥΕΤΟΣ". (2013). Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (επιφανειακών και υπογείων) σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας - Θράκης και Θεσσαλίας - Αποτελέσματα λεκάνης Αξιού - Λουδία. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Βουδούρης, Κ. (2013). Τεχνική Υδρογεωλογία - Υπόγεια Νερά. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.

Βουδούρης, Κ. Κ. (2015). Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.

Κακλής, Τ. Β. (2000). Δοκιμαστικές αντλήσεις σε γεωτρήσεις στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης., Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ

Μελαδιώτης, Ι. (1984). Γεωλογική μελέτη του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης - Γιαννιτσών και ειδικότερα της περιοχής μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού όπου αναπτύσσονται εκμεταλλεύσιμοι υπόγειοι υδροφορείς.



Μουντράκης, Δ. Μ. (2020). Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας.
UNIVERSITY STUDIO PRESS.

Οι πηγές μας - Υδραγωγείο Αλιάκμονα . (χ.χ.). Ανάκτηση από ΕΥΑΘ:
<https://www.eyath.gr/ydragogeio-aliakmona/>

Σπάχος, Θ., Βουδούρης, Κ., Δρόσος, Δ., Δημόπουλος, Γ. (2006). Διακυμάνσεις της στάθμης του Υπόγειου Νερού στους Υδροφορείς των κύριων αντλητικών πεδίων της ΕΥΑΘ Θεσσαλονίκης. 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ε.Υ.Ε. Ξάνθη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Ι: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης Α05

Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
14/04/1997	18.3	7.52
02/09/2002	29	18.22
22/04/2005	20.8	10.02
10/05/2005	20.43	9.65
02/11/2005	20.96	10.18
23/06/2006	19.95	9.17
11/05/2007	19.14	8.36
08/10/2007	19.66	8.88

Πίνακας ΙΙ: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης Α07

Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
04/09/1997	21.9	10.9
07/01/1998	19.7	8.7
03/03/1998	19.5	8.5
26/04/1999	20.4	9.4
05/07/1999	20.7	9.7
26/09/2003	23.86	12.86
18/11/2003	22.68	11.68
22/04/2004	20.69	9.69
02/09/2004	23.04	12.04
19/10/2004	21.51	10.51
02/11/2005	19.72	8.72
23/06/2006	18.76	7.76
11/05/2007	18.51	7.51
08/10/2007	19.06	8.06

Πίνακας III: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης A17

Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
01/07/1999	18.1	7.1
19/06/2001	24.82	13.82
26/06/2001	25	14
10/01/2003	24.22	13.22
01/07/2003	23.02	12.02
21/08/2003	26.83	15.83
26/09/2003	26.75	15.75
18/11/2003	24.24	13.24
22/04/2004	22.08	11.08
02/09/2004	25.7	14.7
19/10/2004	23.41	12.41
25/02/2005	21.77	10.77
10/05/2005	21.01	10.01
03/11/2005	21.65	10.65
24/05/2006	20.22	9.22
16/10/2006	21.14	10.14
10/05/2007	19.55	8.55
08/10/2007	21.25	10.25

Πίνακας IV: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης A18

Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
15/02/1997	15	4.1
14/04/1997	14.4	3.5
27/07/1998	17.6	6.7
26/04/1999	16.7	5.8

01/07/1999	18.2	7.3
03/10/2001	22.66	11.76
31/05/2002	24.5	13.6
04/06/2002	24.42	13.52
21/06/2002	25.5	14.6
10/12/2002	30.9	20
17/01/2003	30.58	19.68
08/04/2003	30.11	19.21
21/04/2003	30.22	19.32
01/07/2003	32.14	21.24
21/08/2003	35.48	24.58
26/09/2003	33.81	22.91
18/11/2003	33.19	22.29
30/01/2004	32.59	21.69
22/04/2004	32.02	21.12
19/10/2004	33.5	22.6
25/02/2005	32.7	21.8
03/11/2005	33.59	22.69
23/06/2006	31.74	20.84
11/05/2007	31.46	20.56
08/10/2007	30.2	19.3

Πίνακας V: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης A20		
Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
09/12/1996	20.2	9.4
23/01/2002	25.18	14.38
28/01/2002	24.97	14.17
01/07/2003	28.83	18.03

26/09/2003	29.78	18.98
18/11/2003	28.78	17.98
30/01/2004	27.83	17.03
22/04/2004	25.31	14.51
02/09/2004	27.86	17.06
19/10/2004	23.59	12.79
25/02/2005	26	15.2
10/05/2005	23.48	12.68
03/11/2005	24.29	13.49
23/06/2006	23.03	12.23
11/05/2007	22.97	12.17
08/10/2007	22.54	11.74

Πίνακας VI: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης A22		
Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
29/05/2002	30.24	18.44
13/06/2002	29.45	17.65
21/04/2003	38.32	26.52
01/07/2003	39.42	27.62
21/08/2003	41.2	29.4
26/09/2003	40.42	28.62
18/11/2003	33.54	21.74
30/01/2004	38.98	27.18
22/04/2004	38.48	26.68
02/09/2004	40.86	29.06
19/10/2004	39.61	27.81
03/11/2005	39.31	27.51
24/05/2006	37.77	25.97

16/10/2006	37.97	26.17
11/05/2007	37.04	25.24
08/10/2007	38.34	26.54

Πίνακας VII: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης A26

Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
02/01/1998	22.7	13.1
18/02/1998	24.4	14.8
21/04/1999	20.3	10.7
05/07/1999	21.1	11.5
04/10/2001	22.73	13.13
28/01/2002	24.97	15.37
23/04/2003	20.82	11.22
01/07/2003	20.43	10.83
21/08/2003	21.19	11.59
26/09/2003	21.85	12.25
18/11/2003	20.74	11.14
30/01/2004	20.04	10.44
22/04/2004	19.1	9.5
02/09/2004	20.39	10.79
19/10/2004	20.38	10.78
25/02/2005	19.57	9.97
12/05/2005	18.36	8.76
01/11/2005	19.02	9.42
23/06/2006	17.69	8.09
11/05/2007	17.42	7.82
29/10/2007	17.65	8.05

Πίνακας VIII: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης Α27

Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
26/04/1999	23.1	13.2
05/07/1999	24.5	14.6
03/10/2001	29.23	19.33
15/10/2002	29.63	19.73
21/01/2003	25.11	15.21
08/04/2003	25.14	15.24
21/04/2003	25.32	15.42
01/07/2003	25.55	15.65
21/08/2003	26	16.1
26/09/2003	28.53	18.63
18/11/2003	28.62	18.72
22/04/2004	25.34	15.44
02/09/2004	26.24	16.34
19/10/2004	27.44	17.54
25/02/2005	27.11	17.21
12/05/2005	24.11	14.21
01/11/2005	24.08	14.18
23/06/2006	21.76	11.86
11/05/2007	22.95	13.05
29/10/2007	22.57	12.67

Πίνακας IX: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης Α28

Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
09/03/1998	18.8	9.55

28/07/1998	27.6	18.35
26/04/1999	19.1	9.85
05/07/1999	19.2	9.95
17/04/2000	20.4	11.15
27/09/2001	18.31	9.06
14/11/2001	15.35	6.1
06/05/2004	22.96	13.71
19/10/2004	23.21	13.96
25/02/2005	22.96	13.71
12/05/2005	22.19	12.94
01/11/2005	22.29	13.04
23/06/2006	20.76	11.51
29/10/2007	21.25	12

Πίνακας Χ: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας της γεώτρησης Α30		
Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
20/05/1996	11.7	1.7
21/04/1999	20.2	10.2
05/07/1999	19.8	9.8
02/10/2002	22.6	12.6
21/01/2003	20.93	10.93
18/11/2003	20.55	10.55
22/04/2004	17.6	7.6
12/05/2005	16.66	6.66
03/11/2005	17.44	7.44
24/05/2006	16.53	6.53
16/10/2006	16.66	6.66
10/05/2007	15.61	5.61

08/10/2007	15.34	5.34
------------	-------	------

Πίνακας XI: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας περιοχής Αξιού – Ιούλιος 2003			
Γεώτρηση	Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
A17	01/07/2003	23.02	12.02
A18	01/07/2003	32.14	21.24
A20	01/07/2003	28.83	18.03
A22	01/07/2003	39.42	27.62
A26	01/07/2003	20.43	10.83
A27	01/07/2003	25.55	15.65
A35	09/07/2003	28.55	17.55

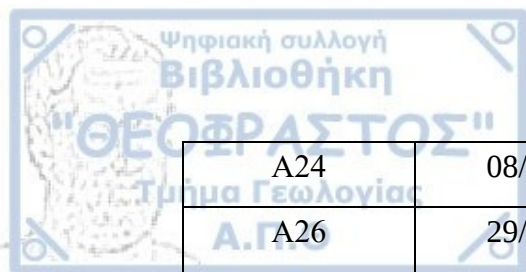
Πίνακας XII: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας περιοχής Αξιού – Νοέμβριος 2003			
Γεώτρηση	Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
A07	18/11/2003	22.68	11.68
A17	18/11/2003	24.24	13.24
A18	18/11/2003	33.19	22.29
A20	18/11/2003	28.78	17.98
A22	18/11/2003	33.54	21.74
A26	18/11/2003	20.74	11.14
A27	18/11/2003	28.62	18.72
A29	18/11/2003	16.11	7.21
A30	18/11/2003	20.55	10.55

Πίνακας XIII: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας περιοχής Αξιού – Μάιος 2007

Γεώτρηση	Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
A05	11/05/2007	19.14	8.36
A07	11/05/2007	18.51	7.51
A15	11/05/2007	20.01	9.91
A16	11/05/2007	18.68	8.38
A17	10/05/2007	19.55	8.55
A18	11/05/2007	31.46	20.56
A20	11/05/2007	22.97	12.17
A22	11/05/2007	37.04	25.24
A24	11/05/2007	24.44	14.72
A26	11/05/2007	17.42	7.82
A27	11/05/2007	22.95	13.05
A30	10/05/2007	15.61	5.61
A34	11/05/2007	22.79	11.79

**Πίνακας XIV: Μετρήσεις στάθμης ηρεμίας περιοχής Αξιού – Οκτώβριος
2007**

Γεώτρηση	Ημερομηνία μέτρησης	Σχετική στάθμη (m)	Απόλυτη στάθμη (m)
A05	08/10/2007	19.66	8.88
A07	08/10/2007	19.06	8.06
A16	08/10/2007	19.06	8.76
A17	08/10/2007	21.25	10.25
A18	08/10/2007	30.2	19.3
A20	08/10/2007	22.54	11.74
A22	08/10/2007	38.34	26.54



A24	08/10/2007	24.08	14.36
A26	29/10/2007	17.65	8.05
A27	29/10/2007	22.57	12.67
A28	29/10/2007	21.25	12
A29	08/10/2007	13.88	4.98
A30	08/10/2007	15.34	5.34
A32	29/10/2007	26.08	15.03