



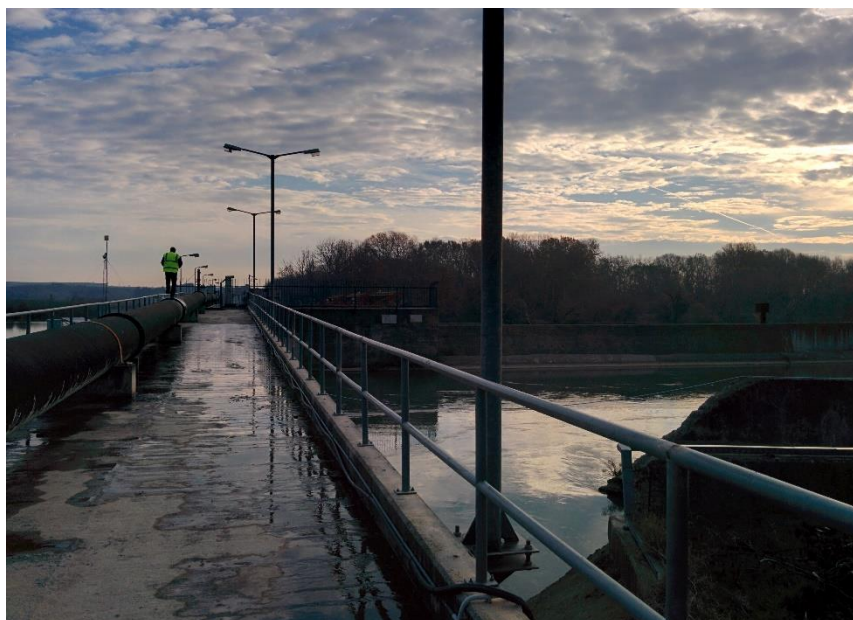
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΘΕΟΔΩΡΑ Π. ΔΟΥΜΠΛΑΤΖΗ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΣΙΝΔΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2019





ΘΕΟΔΩΡΑ Π. ΔΟΥΜΠΛΑΤΖΗ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5355

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΣΙΝΔΟΥ

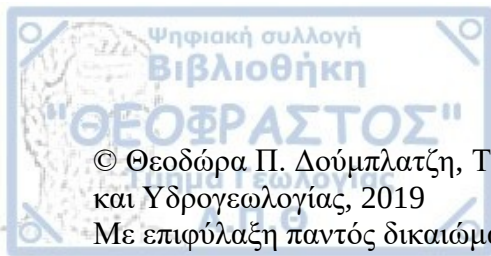
Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων καθηγητής :

Κωνσταντίνος Βουδούρης, Καθηγητής

Συνεπικουρία στην Επίβλεψη :

Νεραντζής Καζάκης, Δρ. Υδρογεωλογίας



© Θεοδώρα Π. Δούμπλατζη, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, 2019
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΣΙΝΔΟΥ – *Διπλωματική Εργασία*

© Theodora P. Doumplatzi, School of Geology A.U.Th., Dept. of Engineering Geology and Hydrogeology, 2019
All rights reserved.

HYDROGESOLOGICAL CONDITIONS IN SINDOS REGION – *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.

Εικόνα Εξωφύλλου: Δούμπλατζη Θεοδώρα

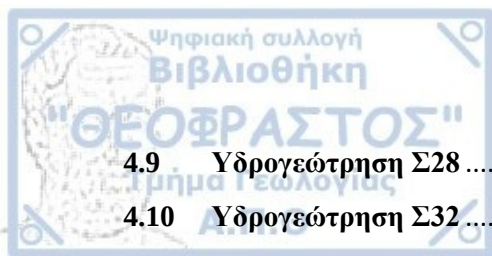


Περιεχόμενα

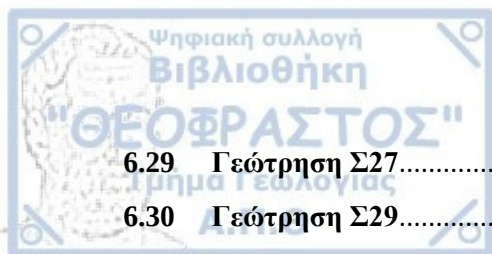
Περίληψη

Abstract

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Στόχος.....	1
1.2	Εργασίες που υλοποιήθηκαν.....	1
2	Περιοχή Έρευνας.....	3
2.1	Γεωγραφικά – Πληθυσμιακά στοιχεία	3
2.2	Γεωμορφολογικά στοιχεία	4
2.3	Βροχομετρικά στοιχεία	8
3	Υδρογεωλογία της περιοχής έρευνας.....	13
3.1	Γεώτρηση Σ01N.....	23
3.2	Γεώτρηση Σ07N.....	24
3.3	Γεώτρηση Σ08Α.....	25
3.4	Γεώτρηση Σ08Β.....	26
3.5	Γεώτρηση Σ10Α.....	27
3.6	Γεώτρηση Σ11N.....	28
3.7	Γεώτρηση Σ14.....	29
3.8	Γεώτρηση Σ17.....	30
3.9	Γεώτρηση Σ28.....	31
3.10	Γεώτρηση Σ32.....	32
4	Υδρευτικές γεωτρήσεις στην περιοχή έρευνας	33
4.1	Υδρογεώτρηση Σ01N	33
4.2	Υδρογεώτρηση Σ07N	36
4.3	Υδρογεώτρηση Σ08Α	39
4.4	Υδρογεώτρηση Σ08Β	41
4.5	Υδρογεώτρηση Σ10Α	43
4.6	Υδρογεώτρηση Σ11N	45
4.7	Υδρογεώτρηση Σ14	47
4.8	Υδρογεώτρηση Σ17	49



4.9	Υδρογεώτρηση Σ28	51
4.10	Υδρογεώτρηση Σ32	53
5	Συμπεράσματα	55
6	Παράρτημα.....	58
6.1	Γεώτρηση Σ01Π	58
6.2	Γεώτρηση Σ02.....	60
6.3	Γεώτρηση Σ03.....	62
6.4	Γεώτρηση Σ04.....	64
6.5	Γεώτρηση Σ05N.....	66
6.6	Γεώτρηση Σ05Π	68
6.7	Γεώτρηση Σ06N.....	70
6.8	Γεώτρηση Σ06Π	72
6.9	Γεώτρηση Σ07Π	74
6.10	Γεώτρηση Σ08.....	76
6.11	Γεώτρηση Σ09N.....	78
6.12	Γεώτρηση Σ09Π	80
6.13	Γεώτρηση Σ11Π	82
6.14	Γεώτρηση Σ12.....	84
6.15	Γεώτρηση Σ13.....	86
6.16	Γεώτρηση Σ15.....	88
6.17	Γεώτρηση Σ16N.....	90
6.18	Γεώτρηση Σ16Π	92
6.19	Γεώτρηση Σ18.....	94
6.20	Γεώτρηση Σ19.....	96
6.21	Γεώτρηση Σ20.....	98
6.22	Γεώτρηση Σ21N.....	100
6.23	Γεώτρηση Σ21Π	102
6.24	Γεώτρηση Σ22.....	104
6.25	Γεώτρηση Σ23.....	106
6.26	Γεώτρηση Σ24.....	108
6.27	Γεώτρηση Σ26N.....	110
6.28	Γεώτρηση Σ26Π	112



6.29	Γεώτρηση Σ27.....	114
6.30	Γεώτρηση Σ29.....	116
6.31	Γεώτρηση Σ30.....	118
6.32	Γεώτρηση Σ31.....	120
6.33	Γεώτρηση Σ33.....	122
6.34	Γεώτρηση Σ34.....	124
6.35	Γεώτρηση Σ35.....	126
6.36	Γεώτρηση ΣΒΙΠΕΘ	128
7	Βιβλιογραφία.....	130



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τον κύκλο των προπτυχιακών μου σπουδών επέλεξα να τον κλείσω με ένα θέμα διπλωματικής εργασίας που αφορά την υδρογεωλογία της περιοχής της Σίνδου, σε συνδυασμό με συγκεκριμένα λογισμικά τα οποία θα αναδείξουν τα δεδομένα της περιοχής.

Σε αυτή την απόφαση με βοήθησαν να καταλήξω καταξιωμένοι άνθρωποι τους οποίους θέλω να ευχαριστήσω.

Ο Καθηγητής Κωνσταντίνος Βουδούρης ήταν αυτός που μου γνώρισε τον κόσμο της υδρογεωλογίας. Γι' αυτό λοιπόν θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για τις γνώσεις αλλά και την πολύτιμη βοήθεια που μου έδωσε για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας.

Καθοριστικό ρόλο είχε επίσης ο κ. Νεραντζής Καζάκης, Δρ. Υδρογεωλογίας, χωρίς την βοήθεια και την καθοδήγηση του οποίου, δεν θα είχε ολοκληρωθεί με επιτυχία η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία.

Θα ήθελα επιπλέον, να ευχαριστήσω τον κύριο Θωμά Σπάχο, Γεωλόγο της Εταιρίας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης, ο οποίος μου παραχώρησε πολλά υδρογεωλογικά στοιχεία για την περιοχή της Σίνδου και αφιέρωσε πολύτιμο χρόνο κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στην Ε.Υ.Α.Θ. για την υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, σημαντικό ρόλο σε όλη την περίοδο των προπτυχιακών μου σπουδών και πιο συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής μου, είχαν οι γονείς μου και τα αδέρφια μου, οι οποίοι έδειξαν κατανόηση και με στήριξαν σε όλες μου τις αποφάσεις.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την ανάδειξη των υδρογεωλογικών δεδομένων της περιοχής της Σίνδου.

Η περιοχή μελέτης ανήκει στον Δήμο Δέλτα και βρίσκεται ανάμεσα στις λεκάνες του Αξιού και του Γαλλικού ποταμού. Το νερό των γεωτρήσεων, που λειτουργούν, υδροδοτεί την Ε.Υ.Α.Θ. και κατ' επέκταση την πόλη της Θεσσαλονίκης, της οποίας οι ανάγκες σε νερό είναι περίπου $250.000 \text{ m}^3/\text{day}$, ανάλογα με την εποχή.

Η Σίνδος αποτελείται από 46 γεωτρήσεις, από τις οποίες οι 22 βρίσκονται σε λειτουργία. Από αυτές χρησιμοποιήθηκαν δέκα (10) χαρακτηριστικές γεωτρήσεις ώστε να καλυφθεί όλη η περιοχή της Σίνδου. Οι πληροφορίες των γεωτρήσεων που εξετάστηκαν αφορούν την αγωγιμότητα του νερού, την περιεκτικότητα σε ιόντα χλωρίου (Cl), σιδήρου (Fe) και μαγγανίου (Mn). Επιπλέον, θα ελεγχθεί η πιθανότητα παρουσίας από ίχνη αμμωνίας (NH_3) και νιτρικών ιόντων (NO_3).

Τέλος, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνεται η σύνταξη της λιθολογικής στήλης για την κάθε γεώτρηση, με σκοπό την ανάδειξη των στρωμάτων του υποβάθρου της περιοχής, τα υδροπερατά τμήματα και το πάχος του υδροφορέα.



ABSTRACT

The following bachelor thesis aims to highlight the hydrogeological data of Sindos region. The study area belongs to Delta Municipality and lies between the basins of Axios and Gallikos rivers. The water of the operating drillings, supplies the Water and Sanitation Company of Thessaloniki, and so the city of Thessaloniki whose water needs are about 250,000m³/day, depending on the season.

Sindos consists of 46 drillings, of which 22 are in operation. Ten (10) typical drillings were used to cover the whole area of Sindos. The borehole information examined relates to water conductivity, chloride content (Cl), iron (Fe) and manganese (Mn) content. In addition, the probability of presence of traces of ammonia (NH₃) and nitrate ions (NO₃) will be checked.

Finally, in the context of this bachelor thesis, the composition of the lithological column for each well is included, with the purpose of highlighting the layers of the site, the pits and the thickness of the aquifer.



1 Εισαγωγή

1.1 Στόχος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των Προπτυχιακών Σπουδών μου στο τμήμα Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Ο τίτλος της διπλωματικής εργασίας είναι : « Υδρογεωλογικές συνθήκες στην περιοχή της Σίνδου ».

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται 14km έξω από την Θεσσαλονίκη και ανήκει στον Δήμο Δέλτα και πιο συγκεκριμένα, βρίσκεται στα όρια των λεκανών Αξιού και Γαλλικού (<https://www.dimosdelta.gr/>). Οι ανάγκες που καλύπτει η λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού είναι κυρίως αρδευτικές, και η συνολική ποσότητα που προσφέρει είναι $4,4 \times 10^9 \text{m}^3$. Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού προσφέρει μια ποσότητα νερού που φτάνει τα $179 \times 10^6 \text{m}^3$ (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014). Στη Σίνδο ανήκει η μεγαλύτερη βιομηχανική περιοχή της Ελλάδας και το Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Ίδρυμα, ένα από τα μεγαλύτερα ΤΕΙ της χώρας. Τα υδρογεωλογικά στοιχεία της περιοχής μας δείχνουν ότι το υδρολογικό έτος 2015 – 2016 ήταν αυτό με το μεγαλύτερο ύψος βροχής που έφτασε τα 436,6mm. Επιπλέον, το έτος 2015 ήταν αυτό με τον μεγαλύτερο μέσο όρο θερμοκρασίας που έφτασε τους 17,8 °C (<http://stratus.meteo.noa.gr/>). Τέλος, όσον αφορά τη γεωλογία της περιοχής, η μεγαλύτερη έκτασή της καλύπτεται από ολοκαινικές αποθέσεις (Μουντράκης Δ., 1985).

Ο στόχος της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι η ανάδειξη των δεδομένων όλων των γεωτρήσεων της Σίνδου με λεπτομέρειες που αφορούν τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

1.2 Εργασίες που υλοποιήθηκαν

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης διπλωματικής πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω εργασίες :



- Συλλογή ελληνικής βιβλιογραφίας και εργασιών που αφορούν υδρογεωλογικά και μη, στοιχεία της περιοχής της Σίνδου.

- Συλλογή προ υπαρχόντων δεδομένων μέτρησης στάθμης νερού των γεωτρήσεων, των βροχομετρικών και θερμοκρασιακών δεδομένων και των λιθολογικών τομών της περιοχής.

- Μετρήσεις της στάθμης του νερού των γεωτρήσεων στο ύπαιθρο κατά τη χειμερινή περίοδο του 2018 - 2019.

- Δημιουργία χαρτών με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.).

- Ανάπτυξη στρωματογραφικών στύλων με τη χρήση του προγράμματος LogPlot 2007.

Οι παραπάνω εργασίες υλοποιήθηκαν με τα προγράμματα : Microsoft Office version 2013, Google Earth, QGIS 2.18., LogPlot 2007.

2.1 Γεωγραφικά – Πληθυσμιακά στοιχεία

Η Σίνδος αποτελεί την έδρα του Δήμου Δέλτα. Ο Δήμος Δέλτα ανήκει στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, κατά την τελική σύστασή της που έγινε το 2011 με το Πρόγραμμα Καλλικράτης. Οι Δήμοι που ήδη προϋπήρχαν είναι ο Δήμος Χαλάστρας, Εχεδώρου και Αξιού (Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, 2010, Τεύχος Πρώτο). Ο Δήμος Δέλτα εκτείνεται σε 308,88km² και ο πληθυσμός του, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ανέρχεται στους 45.839 κατοίκους.



Σχήμα 2.1 : Δορυφορική εικόνα της ευρύτερης περιοχής της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. (Το μαύρο πλαίσιο περιβάλλει την περιοχή της Σίνδου)

Η Σίνδος έχει έκταση 47,25km² και απέχει 14km βορειοδυτικά από την Θεσσαλονίκη και 2km δυτικά από τον Γαλλικό ποταμό. Στην κωμόπολη αυτή, της Περιφερειακής Ενότητας Θεσσαλονίκης, συναντάμε την Βιομηχανική Περιοχή της Θεσσαλονίκης (Βι.Πε.Θ.), μία από τις μεγαλύτερες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδας, καθώς και το Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Ίδρυμα της Θεσσαλονίκης (ATEI)

(<https://www.dimosdelta.gr/>). Οι κάτοικοι της Σίνδου ανέρχονται τους 9.289, σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011).

2.2 Γεωμορφολογικά στοιχεία

Σύμφωνα με το Άρθρο 2 (παρ. 13) της Οδηγίας 2000/60/EK, ως Λεκάνη Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) ορίζεται: «η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα». Το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό και την υπ. αριθ. 706/16.7.2010 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ Β'/1383), αποτελείται από τέσσερεις (4) Λεκάνες Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ):

- Αξιού (GR03), με έκταση 3.327 km²
- Γαλλικού (GR04), με έκταση 1.051 km²
- Χαλκιδικής (GR05), με έκταση 5.546 km²
- Άθω (GR43), με έκταση 239 km²



Σχήμα 2.2.1 : Γεωμορφολογικός χάρτης Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας. Πηγή : Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (ΥΔ10).

Η περιοχή, βρίσκεται στα όρια των λεκανών του Αξιού και του Γαλλικού ποταμού. Η λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού έχει έκταση 3.327km² και εκτείνεται από τα σύνορα της Ελλάδας με την Π.Γ.Δ.Μ. μέχρι και δυτικά του Θερμαϊκού κόλπου. Οι κύριες υδρολογικές λεκάνες απορροής που αποτελούν την ΛΑΠ Αξιού είναι αυτές των ποταμών Αξιού και Λουδία. Ο ποταμός Αξιός μεταφέρει $3,6 \times 10^9$ m³ νερό από τη γειτόνα χώρα Π.Γ.Δ.Μ. τα οποία εισέρχονται στην ΛΑΠ Αξιού καθώς και $0,8 \times 10^9$ m³ από το ίδιο το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας στο οποίο ανήκει. Έτσι, η συνολική προσφορά νερού του ποταμού Αξιού στην Λεκάνη Απορροής του Αξιού φτάνει τα $4,4 \times 10^9$ m³. Το μέσο υψόμετρο της ΛΑΠ Αξιού είναι 180m. Ωστόσο, χαρακτηριστικό της ΛΑΠ Αξιού αποτελούν τα μεγάλα υψόμετρα, όπως αυτό του όρους Πάικου (1.650m) στα

ΒΔ της λεκάνης και του όρους Κερκίνης (~2.000m) στα Β της λεκάνης, ενώ η υπόλοιπη έκτασή της χαρακτηρίζεται από ήπια – πεδινή μορφολογία.

Η λίμνη Δοϊράνη με έκταση 14,2km² (επιφάνεια Ελληνικού τμήματος) και η τεχνητή λιμνοδεξαμενή Αρτζάν αποτελούν τις δύο λίμνες της ΛΑΠ Αξιού.

Το νερό της ΛΑΠ Αξιού χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για άρδευση και το σύνολο των καλλιεργειών τις οποίες εξυπηρετεί ανέρχεται στα 1.130km². Η υδροληψία της Ελεούσας, περιοχή που βρίσκεται στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης, καλύπτεται αποκλειστικά από τον ποταμό Αξιό με ετήσια απόληψη ~ 430 × 10⁶m³, καθώς επίσης και ~300 × 10⁶m³ τα οποία προσφέρονται για άρδευση από την μεταφορά υδατικών πόρων από τον ποταμό Αλιάκμονα. Τέλος, με διάφορα έργα που έγιναν στην ΛΑΠ Αξιού, επιτεύχθηκε η αποστράγγιση των τέως λιμνών Γιαννιτσών (μέσω του ποταμού Λουδία) Αματόβου και Αρτζάν (μέσω των ομώνυμων τάφρων προς τον ποταμό Αξιό).

Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού έχει έκταση 1.051km² και τα όριά της είναι από τη βορειοανατολική πλευρά της Περιφερειακής Ενότητας του Κιλκίς μέχρι και τον Θερμαϊκό κόλπο. Ο Γαλλικός ποταμός αποτελεί την μοναδική υδρολογική λεκάνη απορροής και η Πικρολίμνη, με έκταση 3,7km², την μοναδική λίμνη της ΛΑΠ Γαλλικού. Η συνολική προσφορά νερού του ποταμού Γαλλικού φτάνει τα 179 × 10⁶m³. Το μέσο υψόμετρο της ΛΑΠ Γαλλικού είναι 300m και όπως η ΛΑΠ Αξιού, έτσι και αυτή, χαρακτηρίζεται από μεγάλα υψόμετρα της τάξης των 1.000m και άνω. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα Κρούσσια όρη με ύψος 1.179m (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014).



Σχήμα 2.2.2 : Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας. Πηγή : Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων υπ' αριθ. οικ. 706/16.07.2010 (ΦΕΚ Β' 1383).

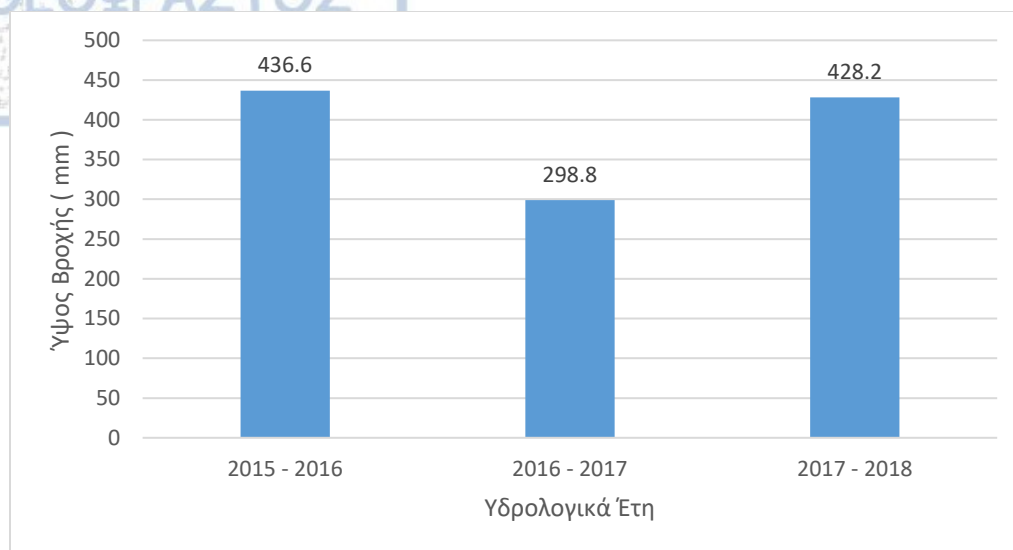
Από γεωλογικής άποψης, το υπόβαθρο της περιοχής της Σίνδου αποτελείται από ολοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες (Μουντράκης Δ., 1994). Πιο συγκεκριμένα, αποτελείται από την ψαμμιτομαργαϊκή σειρά και την σειρά ερυθρών αργίλων, νεογενούς ηλικίας (άνω μειόκαινο – κάτω πλειόκαινο). Επιπλέον, συναντώνται φυλλιτικοί σχιστόλιθοι δηλαδή, αμμούχοι, αργιλικόι σχιστόλιθοι με μαύρο, τεφρόμαυρο έως τεφροπράσινο χρώμα. Οι παράκτιες αποθέσεις όπως άμμοι λεπτόκοκκοι και αδρόκοκκοι, προσχώσεις πεδιάδων και ερυθρές, καστανές, γκρι και πράσινες άργιλοι με ασβεστιτικά συγκρίματα, μάργες και ψαμμίτες χαλαζιακής σύστασης αποτελούν επίσης το υπόβαθρο της περιοχής. Στη βάση τους επικρατούν κροκαλοπαγή (Τρανός Μ., 2016).



Σχήμα 2.2.3 : Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Φύλλο I.Γ.Μ.Ε. 1:50.000 Θεσσαλονίκης). Με το πράσινο χρώμα οριοθετούνται οι ολοκαινικές αποθέσεις, ενώ με το κόκκινο οριοθετείτε η περιοχή έρευνας. [1: Σειρά ερυθρών αργίλων, 2: Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά, 3: Φυλλιτικοί σχιστόλιθοι, 4: Κροκαλοπαγή, 5: Γάββρος, 6: Αποθέσεις αναβαθμίδας (άμμοι, μάργες, ασβεστόλιθοι), 7: Γνεύσιος, 8: Ψαμμίτες, 9: Σχιστόλιθοι] (Τρανός Μ., 2016)

2.3 Βροχομετρικά στοιχεία

Τα δεδομένα των υδρολογικών ετών από το 2015 έως το 2018 παρουσιάζονται στο παρακάτω ιστόγραμμα (Σχήμα 2.3.1). Ένα υδρολογικό έτος υπολογίζεται από τον Οκτώβριο ενός έτους, μέχρι τον Σεπτέμβριο του επόμενου έτους (Βουδούρης, Κ., 2015). Συγκεκριμένα, το έτος με το μεγαλύτερο ύψος βροχής ήταν αυτό του 2015 – 2016 με 436,6mm. Ενώ αυτό με το μικρότερο ύψος βροχής είναι το 2016 – 2017 με 298,8mm.



Σχήμα 2.3.1 : Ιστόγραμμα απεικόνισης των υδρολογικών ετών.

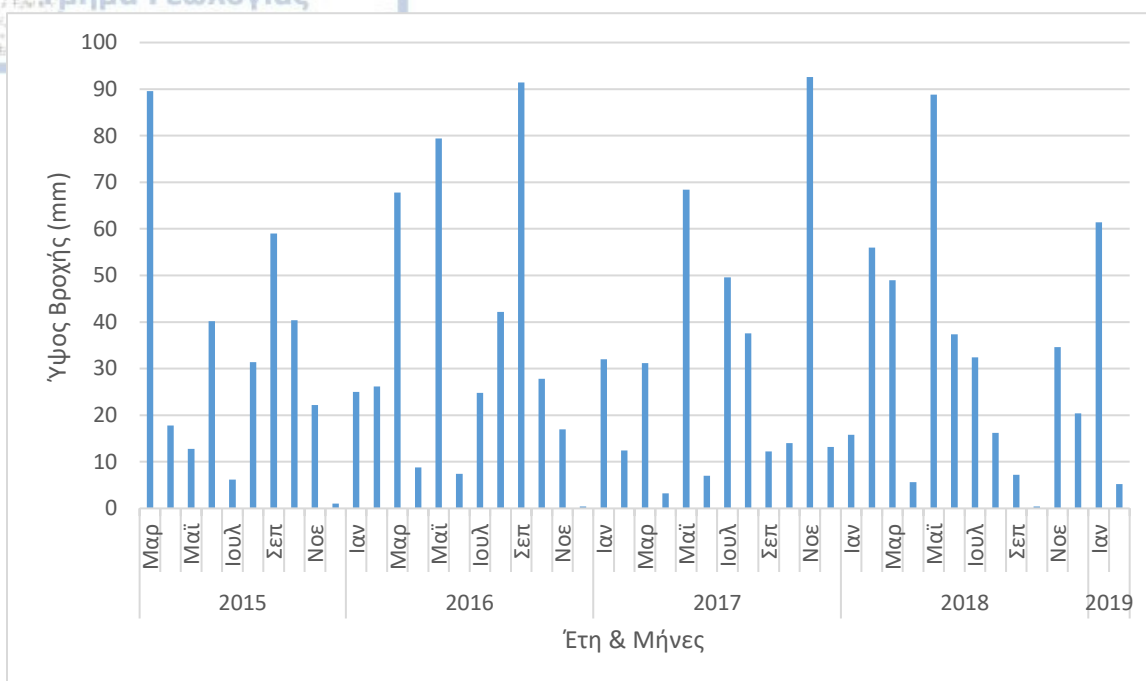
Συγκρίνοντας τη μέση θερμοκρασία και το ύψος βροχής σε κάθε μήνα και χρόνο ξεχωριστά (Σχήμα 2.3.2) μπορούμε να βγάλουμε τα παρακάτω συμπεράσματα.

Ο μήνας με το μεγαλύτερο ύψος βροχής είναι ο Νοέμβριος του 2017 με τιμή 92,6mm. Την χαμηλότερη τιμή 0,4mm, την συναντάμε τον Δεκέμβρη του 2016 και τον Οκτώβρη του 2018.

Πιο αναλυτικά, το 2015 οι μήνες Μάρτιος, Ιούνιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος και Οκτώβριος είχαν ύψος βροχής πάνω από 30mm, με τον Μάρτιο να έχει την υψηλότερη τιμή, 89,6mm. Ο Δεκέμβριος ήταν ο μήνας εκείνου του έτους με την χαμηλότερη τιμή, ίση με 1mm. Το 2016 τους μήνες Μάρτιο, Μάιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο το ύψος βροχής ήταν πάνω από 40mm με υψηλότερη τιμή τα 91,4mm του Σεπτεμβρίου. Τον Δεκέμβρη του 2016 συναντήσαμε την χαμηλότερη τιμή 0,4mm.

Για το έτος 2017 έχουμε τους μήνες Ιανουάριο, Μάρτιο, Μάιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Νοέμβριο με τιμή πάνω από 30mm. Τον Νοέμβριο η τιμή της βροχόπτωσης έφτασε τα 92,6mm ενώ τον Απρίλιο η τιμή έφτασε τα 3,2mm.

Το έτος 2018 είχε τιμές βροχόπτωσης πάνω από 30mm τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο. Η υψηλότερη τιμή εμφανίστηκε τον Μάιο με 88,8mm και η χαμηλότερη τον Δεκέμβριο με 0,4mm. Τέλος, με τις λιγοστές πληροφορίες που έχουμε για το έτος 2019 παρατηρούμε ότι είχε μια υψηλή τιμή ύψους βροχόπτωσης τον Ιανουάριο που έφτασε τα 61,4mm.



Σχήμα 2.3.2 : Ιστογράμμο απεικόνισης ύψους βροχής σε έτη και μήνες.

Παρατηρώντας τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας (Σχήμα 2.3.3) βγαίνει το συμπέρασμα ότι, οι τιμές είναι υψηλές τους εαρινούς μήνες και χαμηλές τους χειμερινούς μήνες. Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία στους 27,2°C παρατηρήθηκε τον Ιούλιο του 2016 ενώ η χαμηλότερη στους 1,7°C τον Ιανουάριο του 2017.

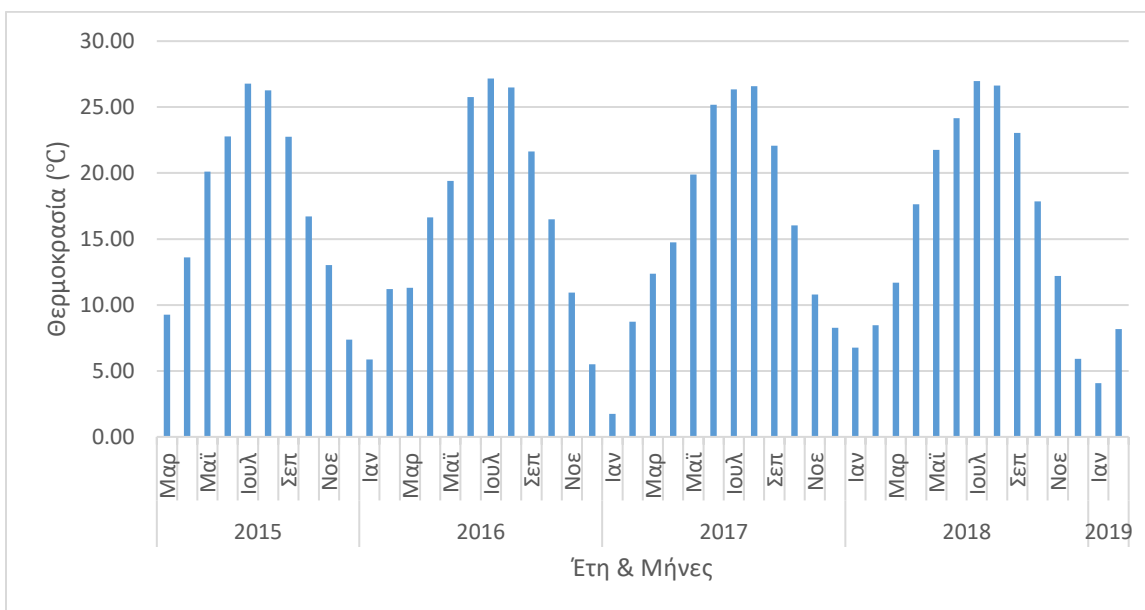
Πιο συγκεκριμένα, το 2015 οι καλοκαιρινοί μήνες (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) κυμάνθηκαν από 22°C έως 27°C με την υψηλότερη τιμή τον Ιούλιο με 26,8°C. Για τους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο) έχουμε στοιχεία μόνο για τον Δεκέμβριο ο οποίος είχε μέση τιμή 7,4°C.

Το 2016, η θερμοκρασία των καλοκαιρινών μηνών φτάνει τους 27,2°C τον Ιούλιο, ενώ κυμάνθηκε από 25,7°C έως και 27,2°C. Τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία έφτασε τους 5,5°C τον Δεκέμβριο και κυμάνθηκε από 5,5°C έως 11,2°C.

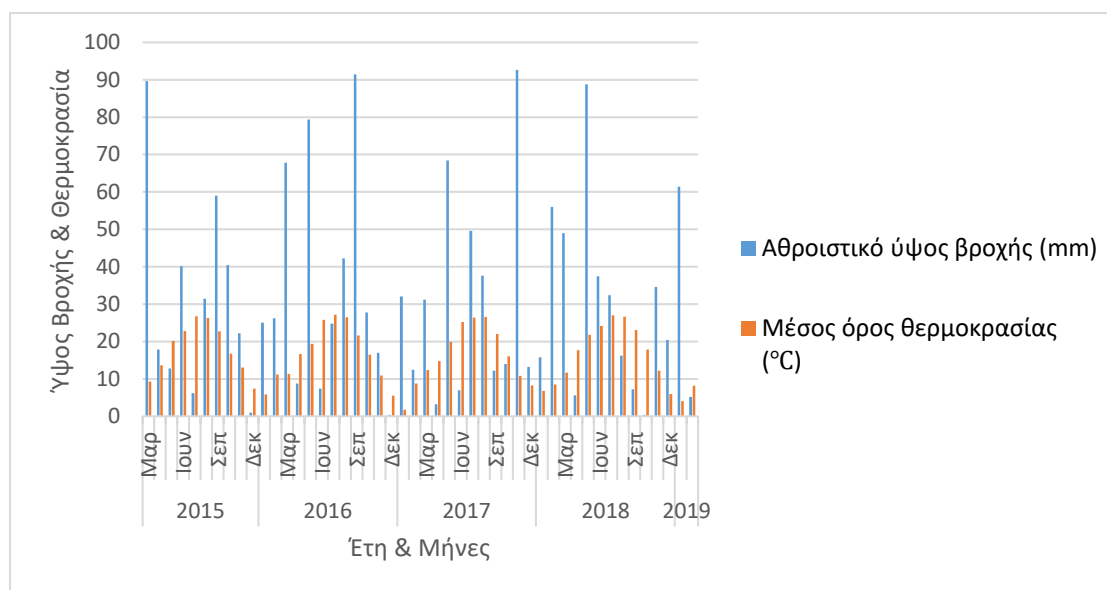
Το έτος 2017 οι θερμοκρασίες κυμάνθηκαν από 25,1°C έως 26,6°C την καλοκαιρινή περίοδο και από 1,7°C έως 8,5°C την χειμερινή περίοδο. Η υψηλότερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε τον Αύγουστο με 26,6°C ενώ η χαμηλότερη τον Ιανουάριο με 1,7°C.

Η υψηλότερη θερμοκρασία του 2018 παρατηρήθηκε τον Ιούλιο με 27°C και η χαμηλότερη τον Δεκέμβριο με 5,9°C. Την καλοκαιρινή περίοδο η θερμοκρασία κυμάνθηκε

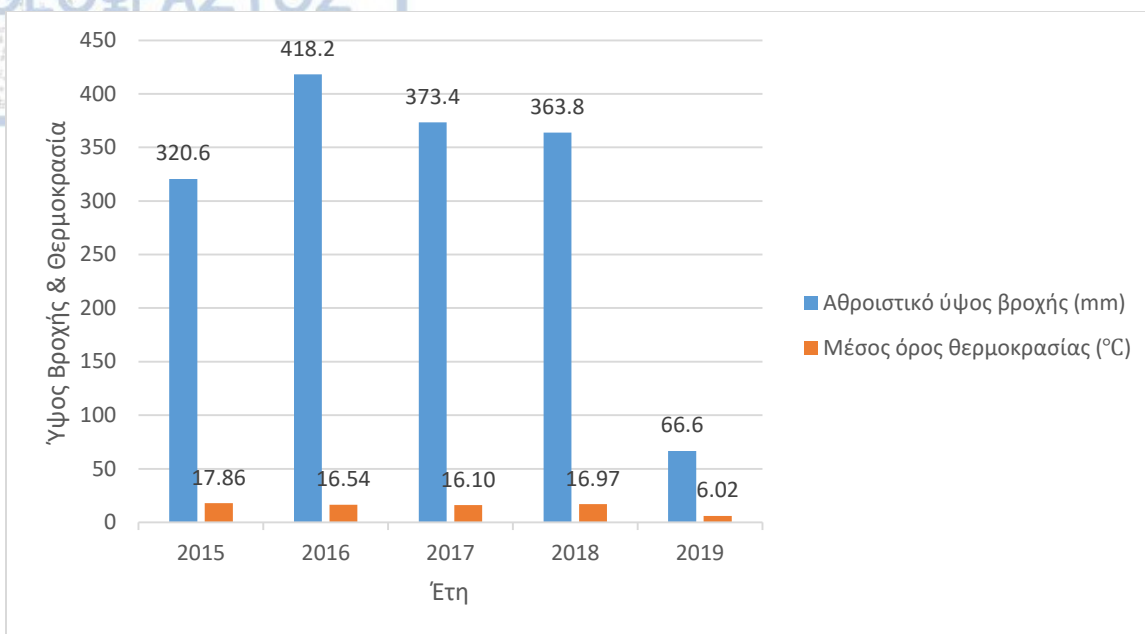
από 24°C έως 27°C ενώ την χειμερινή περίοδο η μέση θερμοκρασία κυμάνθηκε από 5,9°C έως 8,5°C. Τέλος, τον Ιανουάριο του 2019 η μέση τιμή της θερμοκρασίας ήταν 4°C και τον Φεβρουάριο 8,2°C.



Σχήμα 2.3.3 : Ιστογράμμο απεικόνισης της μέσης θερμοκρασίας σε έτη και μήνες.



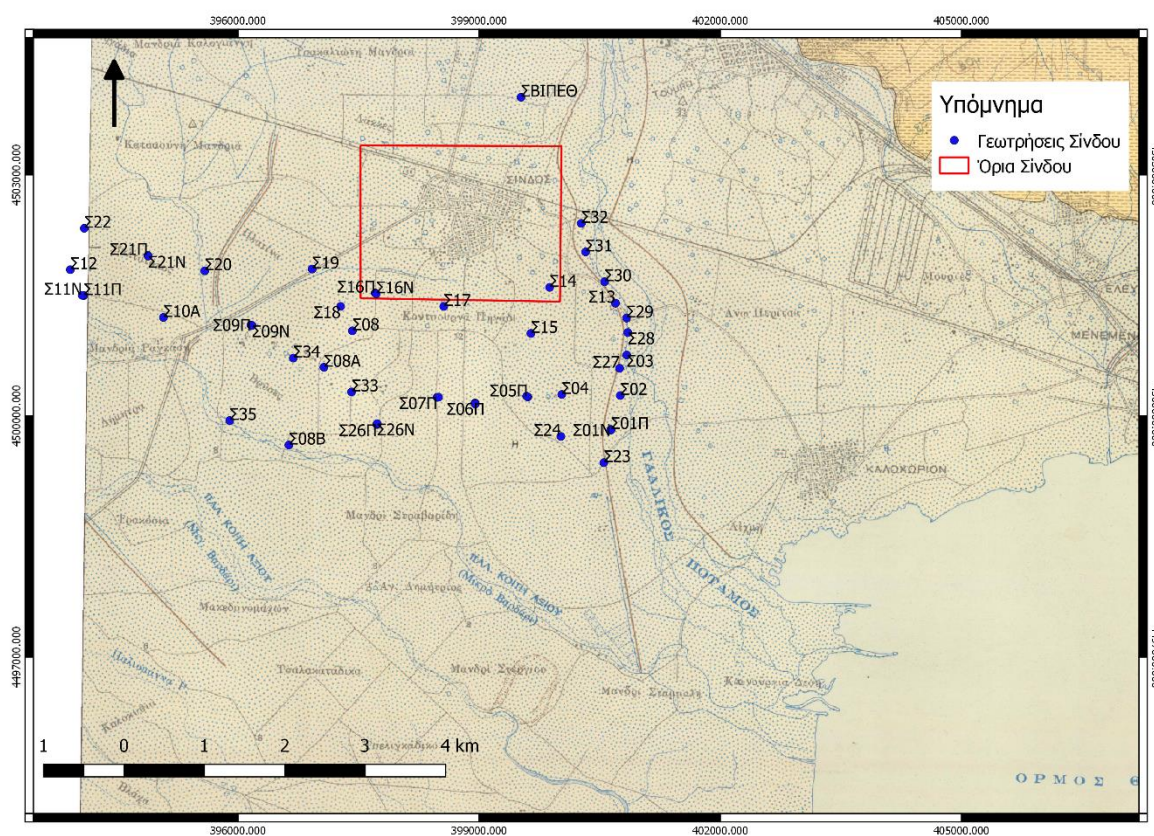
Σχήμα 2.3.4 : Ιστογράμμο απεικόνισης της σύγκρισης θερμοκρασιών και ύψους βροχής.



Σχήμα 2.3.5 : Ιστόγραμμα απεικόνισης του αθροιστικού ύψους βροχής και της μέσης θερμοκρασίας σε έτη.

3 Υδρογεωλογία της περιοχής έρευνας

Στους παρακάτω πίνακες απεικονίζονται οι μετρήσεις των υδραυλικών χαρακτηριστικών των καταγεγραμμένων γεωτρήσεων (Σχήμα 3.1) από την Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε. για την περιοχή της Σίνδου. Τα στοιχεία των ετών 2014 – 2017 (Πίνακας 1, Πίνακας 2, Πίνακας 3, Πίνακας 4) έχουν παρθεί από τα αρχεία της Ε.Υ.Α.Θ., ενώ αυτά του 2018 έχουν γίνει στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής.



Σχήμα 3.1 : Χάρτης απογεγραμμένων γεωτρήσεων της Σίνδου.



Εικόνα 1 : Μέτρηση στάθμης του υδροφορέα.



Εικόνα 2 : Μέτρηση στάθμης του υδροφορέα.

Πίνακας 1 : Υδραυλικά χαρακτηριστικά γεωτρήσεων 2014.

Γεώτρηση	Ημερομηνία	Στάθμη Ηρεμίας (m)	Στάθμη Δυναμική (m)	Πίεση
Σ09N	29/10/2014	4.44	-	-
Σ01N	5/11/2014	1.19	-	-
Σ02	5/11/2014	4.13	-	-
Σ03	5/11/2014	2.48	-	-
Σ04	5/11/2014	-	-	-
Σ05N	5/11/2014	2.28	-	-
Σ06N	5/11/2014	2.48	-	-
Σ07N	5/11/2014	3.41	-	-
Σ08	5/11/2014	-	-	-
Σ08A	5/11/2014	3.75	-	-
Σ08B	5/11/2014	4.57	-	-
Σ09N	5/11/2014	-	14.34	3
Σ10A	5/11/2014	2.25	-	-
Σ11N	5/11/2014	3.95	-	-
Σ13	5/11/2014	7.92	-	-
Σ18	5/11/2014	-	-	-
Σ19	5/11/2014	-	-	-
Σ23	5/11/2014	3.08	-	-
Σ24	5/11/2014	-	-	-
Σ26N	5/11/2014	2.46	-	-
Σ27	5/11/2014	6.01	-	-
Σ28	5/11/2014	4.35	-	-
Σ29	5/11/2014	6.31	-	-
Σ30	5/11/2014	5.21	-	-
Σ31	5/11/2014	5.03	-	-
Σ32	5/11/2014	6.11	-	-
Σ33	5/11/2014	3.95	-	-
Σ34	5/11/2014	2.05	-	-
Σ35	5/11/2014	5.49	-	-
Σ08	5/11/2014	-	-	-

Πίνακας 2 : Υδραυλικά χαρακτηριστικά γεωτρήσεων 2015.

Γεώτρηση	Ημερομηνία	Στάθμη Ηρεμίας (m)	Στάθμη Δυναμική (m)	Πίεση
Σ06N	17/3/2015	-	10.46	-
Σ07N	17/3/2015	-	14.05	-

Σ06N	2/4/2015	-	18.8	-
Σ07N	2/4/2015	2.81	-	-
Σ26N	2/4/2015	0.73	-	-
Σ08B	4/5/2015	1.67	-	-
Σ09N	4/5/2015	0.73	-	-
Σ14	4/5/2015	3.74	-	-
Σ33	4/5/2015	2.43	-	-
Σ35	4/5/2015	2.63	-	-
Σ01N	6/5/2015	-	-	-
Σ02	6/5/2015	2.92	-	-
Σ03	6/5/2015	1.31	-	-
Σ04	6/5/2015	-	-	-
Σ05N	6/5/2015	2.43	-	-
Σ07N	6/5/2015	-	17.19	2.5
Σ08	6/5/2015	-	-	-
Σ08A	6/5/2015	2.57	-	-
Σ08B	6/5/2015	-	-	-
Σ09N	6/5/2015	-	11.1	-
Σ10A	6/5/2015	0.9	-	-
Σ11N	6/5/2015	2.06	-	-
Σ13	6/5/2015	7.33	-	-
Σ16N	6/5/2015	-	-	-
Σ18	6/5/2015	-	-	-
Σ19	6/5/2015	-	-	-
Σ23	6/5/2015	-	-	-
Σ24	6/5/2015	-	-	-
Σ26N	6/5/2015	-	-	-
Σ27	6/5/2015	-	35.39	2.5
Σ28	6/5/2015	3.04	-	-
Σ29	6/5/2015	5.44	-	-
Σ30	6/5/2015	3.92	-	-
Σ31	6/5/2015	3.94	-	-
Σ32	6/5/2015	4.91	-	-
Σ33	6/5/2015	-	12.19	-
Σ34	6/5/2015	0.57	-	-
Σ35	6/5/2015	-	-	-
Σ01N	10/11/2015	0.33	-	-
Σ02	10/11/2015	2.92	-	-
Σ03	10/11/2015	1.63	-	-
Σ06N	10/11/2015	0.6	-	-
Σ07N	10/11/2015	1.4	-	-
Σ08	10/11/2015	-	-	-

Σ08Α	10/11/2015	2.23	-	-
Σ08Β	10/11/2015	2.55	-	-
Σ09Ν	10/11/2015	1.55	-	-
Σ10Α	10/11/2015	1.37	-	-
Σ11Ν	10/11/2015	3.04	-	-
Σ13	10/11/2015	6.44	-	-
Σ14	10/11/2015	4.27	-	-
Σ15	10/11/2015	-	-	-
Σ17	10/11/2015	-	-	-
Σ18	10/11/2015	-	-	-
Σ19	10/11/2015	-	-	-
Σ21Ν	10/11/2015	-	-	-
Σ22	10/11/2015	-	-	-
Σ23	10/11/2015	-	-	-
Σ26Ν	10/11/2015	0.82	-	-
Σ27	10/11/2015	4.37	-	-
Σ28	10/11/2015	3.42	-	-
Σ29	10/11/2015	4.96	-	-
Σ30	10/11/2015	4.33	-	-
Σ31	10/11/2015	4.12	-	-
Σ32	10/11/2015	5.28	-	-
Σ33	10/11/2015	2	-	-
Σ34	10/11/2015	0.98	-	-
Σ35	10/11/2015	3.32	-	2

Πίνακας 3 : Υδραυλικά χαρακτηριστικά γεωτρήσεων 2016.

Γεώτρηση	Ημερομηνία	Στάθμη Ηρεμίας (m)	Στάθμη Δυναμική (m)	Πίεση
Σ16Ν	25/2/2016	-	-	-
Σ01Ν	4/3/2016	-	-	-
Σ02	4/3/2016	-	-	-
Σ04	4/3/2016	-	-	-
Σ06Ν	4/3/2016	-	-	-
Σ07Ν	4/3/2016	0.51	-	-
Σ08	4/3/2016	-	-	-
Σ08Α	4/3/2016	1.54	-	-
Σ08Β	4/3/2016	1.34	-	-
Σ09Ν	4/3/2016	0.58	-	-
Σ15	4/3/2016	-	-	-
Σ17	4/3/2016	-	-	-

Σ18	4/3/2016	-	-	-
Σ19	4/3/2016	-	-	-
Σ23	4/3/2016	-	-	-
Σ24	4/3/2016	-	-	-
Σ26N	4/3/2016	-	-	-
Σ33	4/3/2016	1.01	-	-
Σ34	4/3/2016	0.43	-	-
Σ01N	6/5/2016	-	-	-
Σ02	6/5/2016	-	-	-
Σ03	6/5/2016	1.07	-	-
Σ04	6/5/2016	-	-	-
Σ06N	6/5/2016	-	-	-
Σ07N	6/5/2016	0.62	-	-
Σ08	6/5/2016	-	-	-
Σ08A	6/5/2016	1.67	-	-
Σ08B	6/5/2016	1.38	-	-
Σ09N	6/5/2016	0.47	-	-
Σ10A	6/5/2016	0.55	-	-
Σ11N	6/5/2016	1.78	-	-
Σ13	6/5/2016	5.95	-	-
Σ14	6/5/2016	3.87	-	-
Σ16N	6/5/2016	-	-	-
Σ18	6/5/2016	-	-	-
Σ19	6/5/2016	-	-	-
Σ23	6/5/2016	-	-	-
Σ24	6/5/2016	-	-	-
Σ26N	6/5/2016	-	-	-
Σ27	6/5/2016	3.62	-	-
Σ28	6/5/2016	2.85	-	-
Σ29	6/5/2016	4.37	-	-
Σ30	6/5/2016	3.89	-	-
Σ31	6/5/2016	3.47	-	-
Σ32	6/5/2016	4.9	-	-
Σ33	6/5/2016	1.25	-	-
Σ34	6/5/2016	0.34	-	-
Σ35	6/5/2016	2.18	-	-
Σ07N	31/5/2016	0.11	-	-
Σ08B	31/5/2016	0.85	-	-
Σ09N	31/5/2016	0.29	-	-
Σ26N	31/5/2016	-	-	-
Σ27	31/5/2016	3.34	-	-
Σ33	31/5/2016	0.67	-	2

Σ35	31/5/2016	1.53	-	-
Σ06N	1/7/2016	6.27	-	-
Σ16N	1/7/2016	-	-	-
Σ01N	1/11/2016	1.25	-	-
Σ02	1/11/2016	6.42	-	-
Σ03	1/11/2016	2.93	-	-
Σ05N	1/11/2016	7.00	-	-
Σ06N	1/11/2016	3.12	-	-
Σ07N	1/11/2016	-	-	1
Σ08A	1/11/2016	5.64	-	-
Σ08B	1/11/2016	-	-	3
Σ09N	1/11/2016	-	15.49	1.7
Σ10A	1/11/2016	1.76	-	-
Σ11N	1/11/2016	2.55	-	-
Σ13	1/11/2016	11.01	-	-
Σ14	1/11/2016	7.20	-	-
Σ15	1/11/2016	3.37	-	-
Σ19	1/11/2016	-	-	-
Σ23	1/11/2016	3.72	-	-
Σ24	1/11/2016	0.13	-	-
Σ26N	1/11/2016	3.03	-	-
Σ26N	1/11/2016	-	43,79	1.7
Σ26N	1/11/2016	-	-	1.5
Σ27	1/11/2016	-	53.46	2
Σ30	1/11/2016	5.70	-	-
Σ31	1/11/2016	6.35	-	-
Σ32	1/11/2016	7.11	-	-
Σ33	1/11/2016	-	-	2.4
Σ34	1/11/2016	1.60	-	-

Πίνακας 4 : Υδραυλικά χαρακτηριστικά γεωτρήσεων 2017.

Γεώτρηση	Ημερομηνία	Στάθμη Ηρεμίας (m)	Στάθμη Δυναμική (m)	Πίεση
Σ01N	19/4/2017	-	-	-
Σ02	19/4/2017	-	-	-
Σ03	19/4/2017	1.51	-	-
Σ04	19/4/2017	-	-	-
Σ05N	19/4/2017	-	1.16	-
Σ06N	19/4/2017	1.18	-	-
Σ07N	19/4/2017	2.06	-	-
Σ08	19/4/2017	-	-	-

Σ08A	19/4/2017	2.49	-	-
Σ08B	19/4/2017	2.28	-	-
Σ09N	19/4/2017	-	12.44	1
Σ13	19/4/2017	6.91	-	-
Σ14	19/4/2017	4.68	-	-
Σ18	19/4/2017	-	-	-
Σ19	19/4/2017	-	-	-
Σ23	19/4/2017	-	-	-
Σ24	19/4/2017	-	-	-
Σ26N	19/4/2017	3.17	-	-
Σ26N	19/4/2017	-	-	-
Σ27	19/4/2017	4.66	-	-
Σ28	19/4/2017	3.45	-	-
Σ29	19/4/2017	2.39	-	-
Σ30	19/4/2017	4.41	-	-
Σ31	19/4/2017	4.55	-	-
Σ32	19/4/2017	5.61	-	-
Σ33	19/4/2017	2.79	-	-
Σ34	19/4/2017	0.61	-	-
Σ10A	20/4/2017	0.93	-	-
Σ11N	20/4/2017	2.99	-	-
Σ35	20/4/2017	3.21	-	-
Σ01N	23/11/2017	2.04	-	-
Σ02	23/11/2017	-	-	-
Σ03	23/11/2017	3.91	-	-
Σ04	23/11/2017	-	-	-
Σ05N	12/12/2017	8.19	-	-
Σ06N	23/11/2017	-	-	3.8
Σ07N	23/11/2017	-	17.53	-
Σ08	23/11/2017	-	-	-
Σ08A	23/11/2017	6.66	-	-
Σ08B	23/11/2017	-	-	2.8
Σ09N	23/11/2017	-	13.57	2.1
Σ13	23/11/2017	12.33	-	-
Σ14	23/11/2017	-	-	-
Σ18	23/11/2017	-	-	-
Σ19	23/11/2017	-	-	-
Σ23	23/11/2017	4.74	-	-
Σ24	23/11/2017	-	-	-
Σ26N	23/11/2017	-	-	1.9
Σ27	23/11/2017	11.58	-	-
Σ28	23/11/2017	7.92	-	-

Σ29	23/11/2017	10.49	-	-
Σ30	23/11/2017	6.76	-	-
Σ31	23/11/2017	7.79	-	-
Σ32	23/11/2017	8.33	-	-
Σ33	23/11/2017	-	-	3.1
Σ34	23/11/2017	2.32	-	-
Σ10A	23/11/2017	2.21	-	-
Σ11N	23/11/2017	5.13	-	-
Σ35	23/11/2017	15.01	-	-

Πίνακας 5 : Υδραυλικά χαρακτηριστικά γεωτρήσεων 2018.

Γεώτρηση	Ημερομηνία	Στάθμη Ηρεμίας (m)	Στάθμη Δυναμική (m)	Πίεση
Σ35	10/5/2018	11.89	-	-
Σ27	15/5/2018	-	54.97	-
Σ23	1/6/2018	4.1	-	-
Σ01N	1/6/2018	2.84	-	-
Σ02	1/6/2018	-	-	-
Σ27	1/6/2018	10.65	-	-
Σ03	1/6/2018	3.57	-	-
Σ28	1/6/2018	6.46	-	-
Σ29	1/6/2018	9.98	-	-
Σ13	1/6/2018	-	-	-
Σ30	1/6/2018	6.32	-	-
Σ31	1/6/2018	7.22	-	-
Σ32	1/6/2018	7.84	-	-
Σ35	7/6/2018	-	-	2.1
Σ35	7/6/2018	-	-	-
Σ35	7/6/2018	-	-	-
Σ15	8/6/2018	4.1	-	-
Σ17	8/6/2018	3.89	-	-
Σ08A	8/6/2018	6.06	-	-
Σ11	8/6/2018	4.62	-	-
Σ18	8/6/2018	Αρτεσιανή	-	-
Σ19	8/6/2018	Αρτεσιανή	-	-
Σ02	11/6/2018	7.35	-	-
Σ07N	11/6/2018	11.9	-	-
Σ02	13/6/2018	7.44	-	-
Σ07N	18/6/2018	12.35	-	-
Σ07N	19/6/2018	-	18.7	4
Σ07N	2/7/2018	12.54	-	-

Σ09N	2/7/2018	6.16	-	-
Σ07N	24/7/2018	-	17.81	-
Σ03	12/11/2018	4.29	-	-
Σ28	12/11/2018	7.38	-	-
Σ29	12/11/2018	11.65	-	-
Σ13	12/11/2018	13.57	-	-
Σ30	12/11/2018	7.04	-	-
Σ31	12/11/2018	8.19	-	-
Σ32	12/11/2018	8.75	-	-
Σ14	12/11/2018	-	-	-
Σ15	12/11/2018	4.74	-	-
Σ17	12/11/2018	4.75	-	-
Σ06N	12/11/2018	-	21.46	1.8
Σ07N	12/11/2018	-	18.31	-
Σ26N	12/11/2018	-	-	2.5
Σ18	12/11/2018	-	-	-
Σ19	12/11/2018	-	-	-
Σ09	12/11/2018	-	25.1	2
Σ10A	12/11/2018	2.3	-	-
Σ11	12/11/2018	5.48	-	-
Σ26N	12/11/2018	-	-	2.5
Σ34	12/11/2018	2.72	-	-
Σ08A	12/11/2018	6.94	-	-
Σ08B	12/11/2018	-	-	2.88
Σ33	12/11/2018	-	-	2
Σ23	12/11/2018	5.04	-	-
Σ01N	12/11/2018	2.43	-	-
Σ02	12/11/2018	9.4	-	-
Σ27	12/11/2018	-	-	1
Σ27	15/11/2018	-	67	1.1
Σ35	15/11/2018	-	34.89	2.4
Σ08B	15/11/2018	-	29.05	2.8
Σ26N	15/11/2018	-	35.87	2.5
Σ07N	15/11/2018	14.24	-	-
Σ06N	15/11/2018	-	21.02	1.8

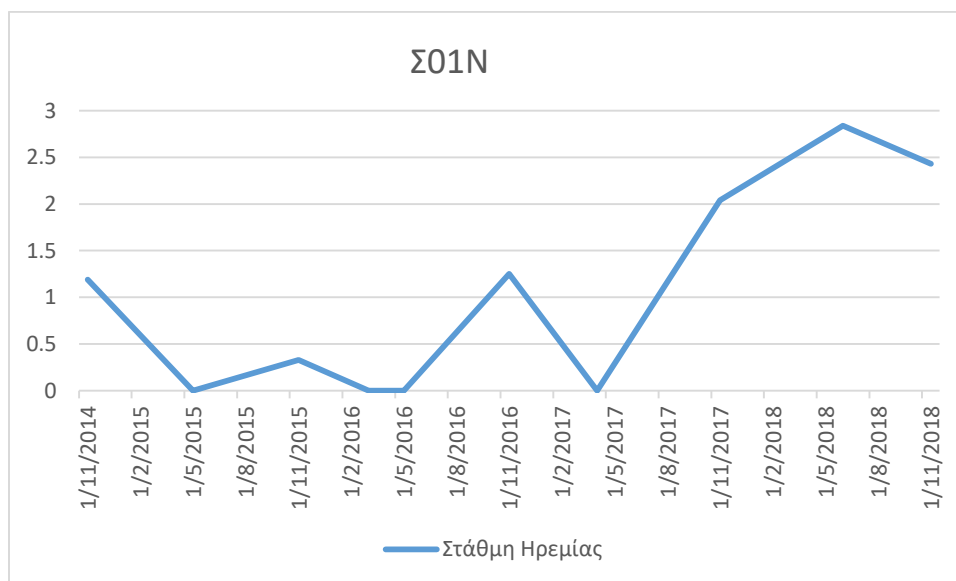
Από τα παραπάνω στοιχεία των γεωτρήσεων θα αναλυθούν δέκα (10) γεωτρήσεις οι οποίες καλύπτουν όλη την περιοχή μελέτης. Οι οχτώ (8) από αυτές δεν βρίσκονταν σε λειτουργία κατά τη μέτρηση των στάθμεων, επομένως, στο πιεζομετρικό διάγραμμα

καταγράφεται μόνο η στάθμη ηρεμίας. Αυτές οι γεωτρήσεις είναι η Σ01N, η Σ08Α, η Σ10Α, η Σ14, η Σ28 και η Σ32. Ενώ, οι γεωτρήσεις Σ07N και η Σ08B βρίσκόντουσαν σε λειτουργία κατά τη μέτρηση των στάθμεων τους και έτσι στο πιεζομετρικό τους διάγραμμα απεικονίζεται τόσο η στάθμη ηρεμίας όσο και η δυναμική στάθμη.

3.1 Γεώτρηση Σ01N

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ01N για την περίοδο 2014 – 2018 κυμαίνεται από 0m – 2,84m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 2,84m καταγράφηκε στις 6/01/2018.

Από τον Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Μάιο του 2015 παρατηρείται μείωση της στάθμης ηρεμίας. Από τον Μάιο του 2015 μέχρι τον Νοέμβριο του 2016 παρατηρείται αύξηση τη στάθμης ηρεμίας, ενώ η τελευταία πτώση γίνεται μέχρι τον Μάιο του 2017. Από τη συγκεκριμένη στιγμή ξεκινάει και πάλι η αύξηση της στάθμης μέχρι και τον Νοέμβριο του 2018. Οι παραπάνω διακυμάνσεις οφείλονται αποκλειστικά στην παρουσία κατακρημνισμάτων, αφού η γεώτρηση βρίσκεται εκτός λειτουργίας.



Σχήμα 3.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ01N. Διακύμανση στάθμης.

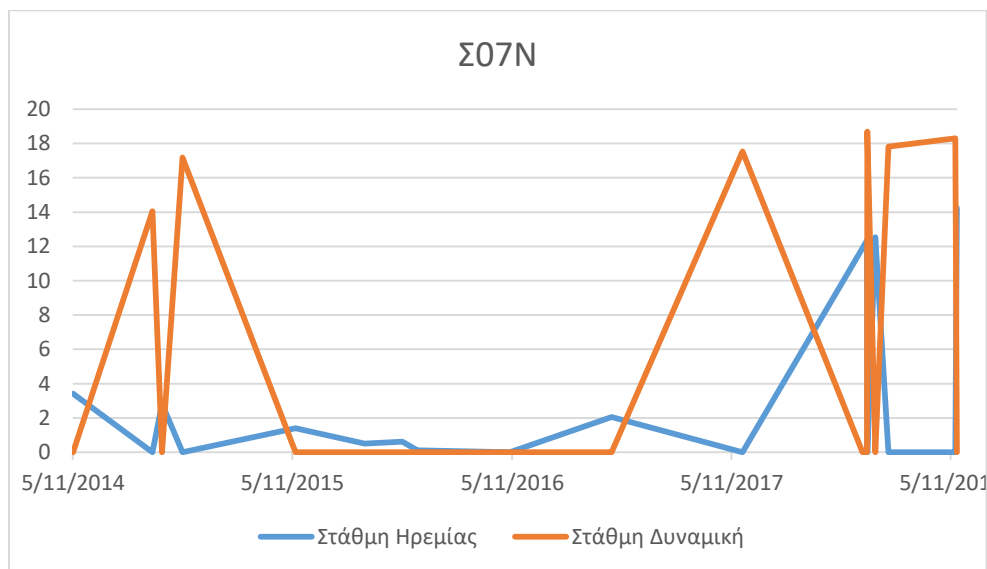
3.2 Γεώτρηση Σ07N

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ07N για την περίοδο 2014 – 2018 κυμαίνεται από 0m – 14,2m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 14,2m καταγράφηκε στις 11/05/2018.

Από τον Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Μάρτιο του 2015 παρατηρείται μείωση της στάθμης ηρεμίας. Τον Απρίλιο του 2015 παρατηρείται αύξηση τη στάθμης ηρεμίας, ενώ μέχρι τον Φεβρουάριο του 2018 παρατηρείται σταδιακή αύξηση αυτής. Από τη συγκεκριμένη στιγμή ξεκινάει και πάλι η απότομη μείωση της στάθμης μέχρι και τον Μάιο του 2018 όπου φτάνει την υψηλότερη τιμή της στάθμης ηρεμίας.

Η υψηλότερη τιμή της δυναμικής στάθμης είναι 18,7m και τη συναντάμε τον Ιούνιο του 2018.

Οι διακυμάνσεις της δυναμικής στάθμης οφείλονται στις υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες της κάθε περιόδου, ενώ αυτές της στάθμης ηρεμίας οφείλονται στα κατακρημνίσματα.

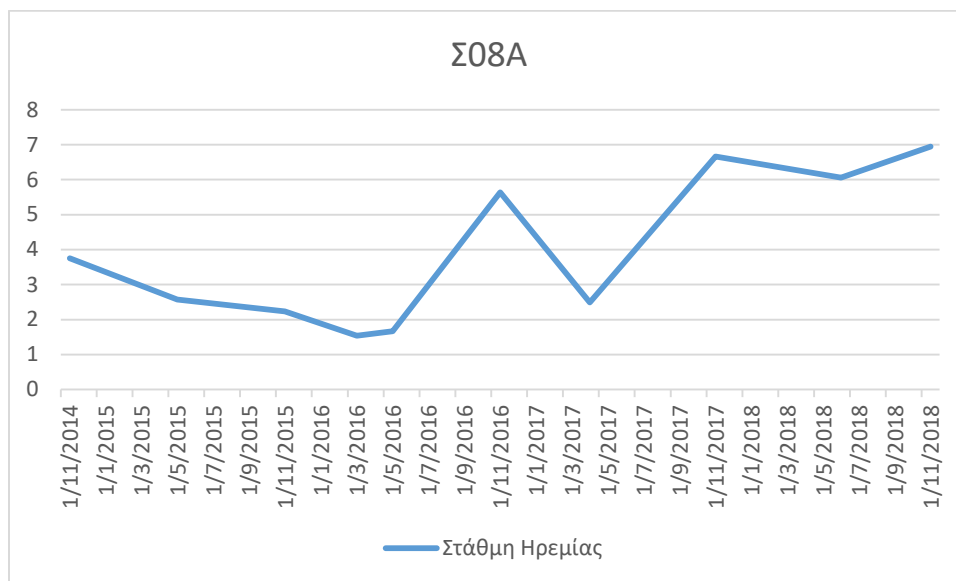


Σχήμα 3.2 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ07N. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας και δυναμικής στάθμης.

3.3 Γεώτρηση Σ08Α

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ08Α για την περίοδο 2014 – 2018 κυμαίνεται από 1,54m – 6,94m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 6,94m καταγράφηκε στις 12/11/2018.

Από τον Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Μάρτιο του 2015 παρατηρείται μείωση της στάθμης ηρεμίας. Από τον Μάρτιο του 2015 μέχρι τον Νοέμβριο του 2018 η στάθμη αυξάνεται σταδιακά μέχρι το ύψος των 6,94m. Οι παραπάνω διακυμάνσεις οφείλονται αποκλειστικά στα κατακρημνίσματα.



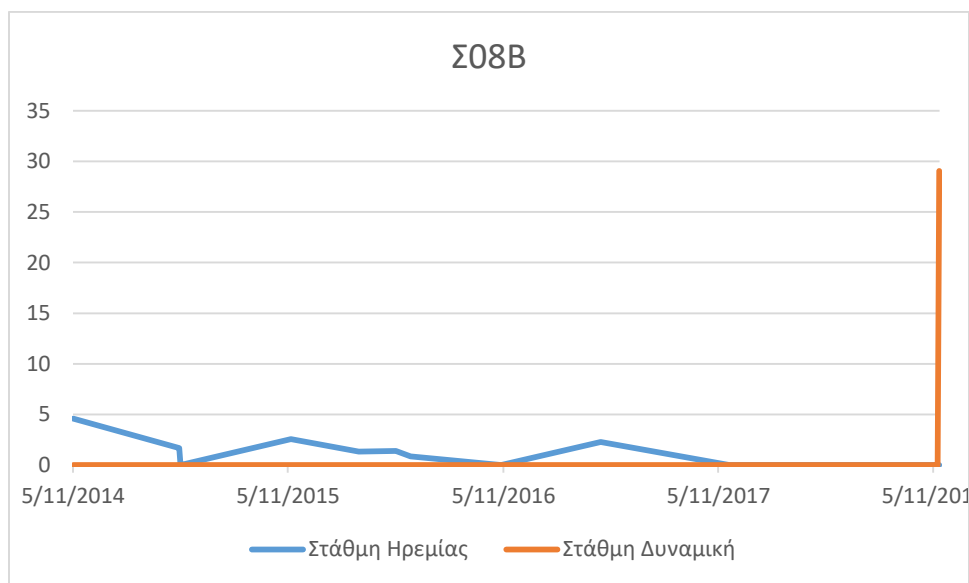
Σχήμα 3.3 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ08Α. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

3.4 Γεώτρηση Σ08B

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ08B για την περίοδο 2014 – 2018 κυμαίνεται από 0,85m – 4,57m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 4,57m καταγράφηκε στις 5/11/2018.

Από τον Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Μάιο του 2015 παρατηρείται μείωση της στάθμης ηρεμίας. Τον Νοέμβριο του 2015 παρατηρείται αύξηση τη στάθμης ηρεμίας, ενώ μέχρι τον Απρίλιο του 2017 παρατηρείται σταδιακή μείωση της στάθμης. Οι διακυμάνσεις της στάθμης ηρεμίας οφείλονται στα κατακρημνίσματα, καθώς επεξηγούν τις περιόδους τις οποίες η γεώτρηση βρισκόταν εκτός λειτουργίας.

Η υψηλότερη τιμή της δυναμικής στάθμης είναι 29,05m και την συναντάμε τον Νοέμβριο του 2018. Οι διακυμάνσεις της δυναμικής στάθμης οφείλονται στις υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες της περιόδου λειτουργίας της.

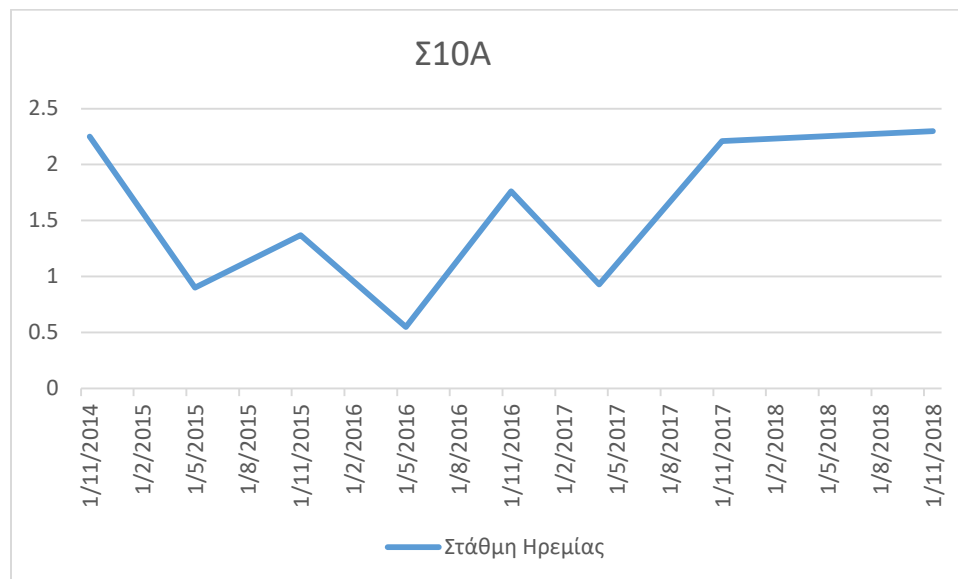


Σχήμα 3.4 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ08B. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας και δυναμικής στάθμης.

3.5 Γεώτρηση Σ10Α

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ10Α για την περίοδο 2014 – 2018 κυμαίνεται από 0,55m – 2,3m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 2,3m καταγράφηκε στις 12/11/2018.

Από τον Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Μάιο του 2015 παρατηρείται μείωση της στάθμης ηρεμίας. Από τον Μάιο του 2015 μέχρι τον Νοέμβριο του 2015 η στάθμη αυξάνεται σταδιακά, ενώ από τον Νοέμβριο του 2015 μέχρι τον Απρίλιο του 2017 η στάθμη αυξομειώνεται. Από τον Απρίλιο του 2017 μέχρι και τον Νοέμβριο του 2018 παρατηρείται μία αύξηση της στάθμης η οποία φτάνει τα 2,3m, την υψηλότερη τιμή. Οι παραπάνω διακυμάνσεις οφείλονται στα κατακρημνίσματα, εφ' όσον η γεώτρηση βρισκόταν εκτός λειτουργίας.

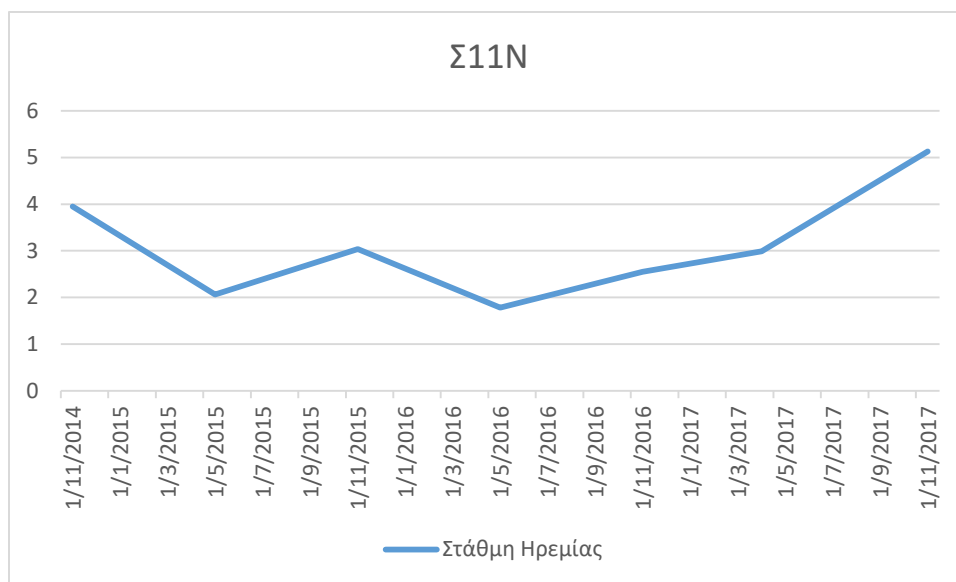


Σχήμα 3.5 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ10Α. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

3.6 Γεώτρηση Σ11Ν

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ11Ν για την περίοδο 2014 – 2018 κυμαίνεται από 1,78m – 5,13m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 5,13m καταγράφηκε στις 23/11/2018.

Από τον Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Μάιο του 2016 παρατηρείται αυξομειώση της στάθμης ηρεμίας που κυμαίνεται από 3,95m μέχρι 1,78m. Από τον Μάιο του 2016 μέχρι τον Νοέμβριο του 2017 η στάθμη αυξάνεται σταδιακά και φτάνει τελικά τα 5,13m. Τη συγκεκριμένη περίοδο η στάθμη του νερού επηρεαζόταν μόνο από τα κατακρημνίσματα, αφού η γεώτρηση βρισκόταν εκτός λειτουργίας.

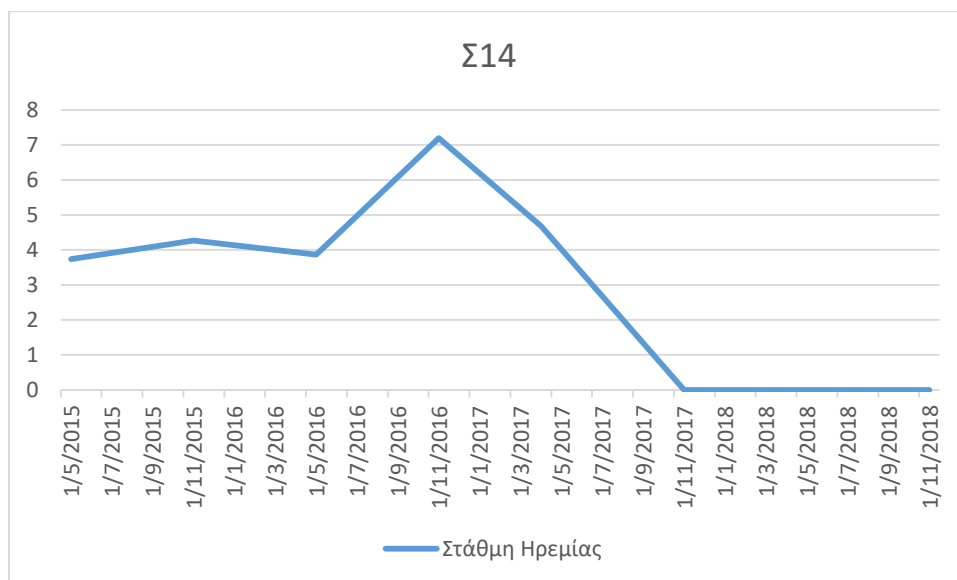


Σχήμα 3.6 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ11Ν. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

3.7 Γεώτρηση Σ14

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ14 για την περίοδο 2015 – 2018 κυμαίνεται από 0m – 7,20m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 7,20m καταγράφηκε στις 1/11/2016.

Από τον Μάιο του 2015 μέχρι τον Νοέμβριο του 2016 παρατηρείται αύξηση της στάθμης ηρεμίας που κυμαίνεται από 3,74m μέχρι 7,20m. Ενώ από τον Νοέμβριο του 2016 μέχρι τον Νοέμβριο του 2018 η στάθμη του υπόγειου νερού μειώνεται σταδιακά. Η διακύμανση της στάθμης ηρεμίας οφείλεται αποκλειστικά στα κατακρημνίσματα.

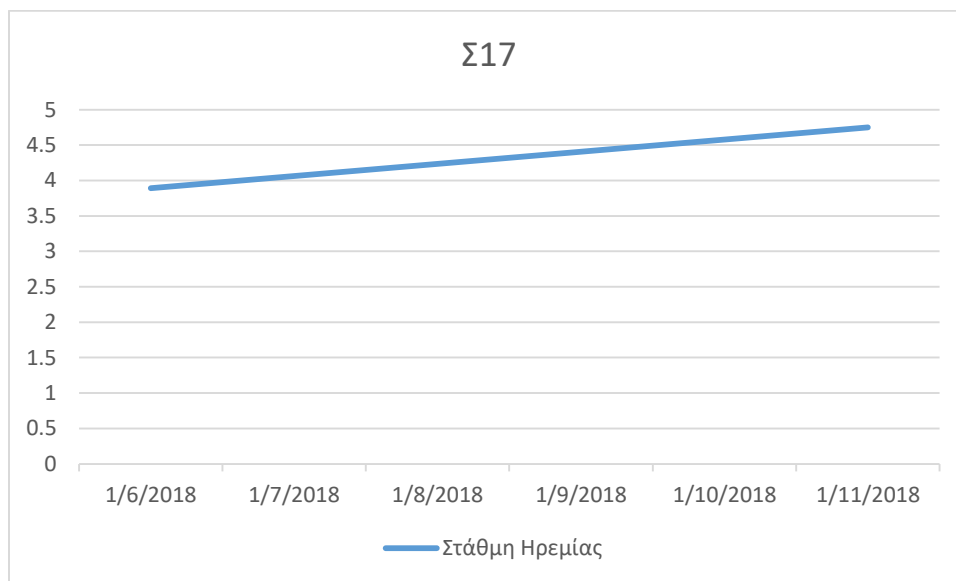


Σχήμα 3.7 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

3.8 Γεώτρηση Σ17

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ17 για την περίοδο 2018 κυμαίνεται από 3,89m – 4,75m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 4,75m καταγράφηκε στις 12/11/2018.

Από τον Αύγουστο του 2018 μέχρι τον Νοέμβριο του 2018 παρατηρείται αύξηση της στάθμης ηρεμίας που κυμαίνεται από 3,89m μέχρι 4,75m. Οι παραπάνω διακυμάνσεις οφείλονται αποκλειστικά στα κατακρημνίσματα, αφού η γεώτρηση βρίσκεται εκτός λειτουργίας.

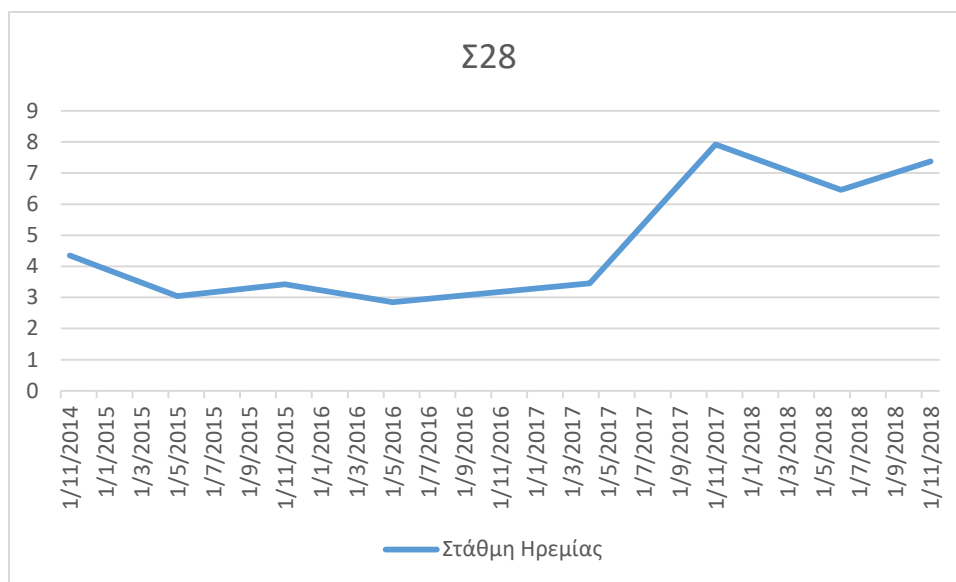


Σχήμα 3.8 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ17. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

3.9 Γεώτρηση Σ28

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ28 για την περίοδο 2014 – 2018 κυμαίνεται από 2,85m – 7,92m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 7,92m καταγράφηκε στις 23/11/2017.

Από τον Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Μάιο του 2016 παρατηρείται μείωση της στάθμης ηρεμίας που κυμαίνεται από 4,35m μέχρι 2,85m. Από τον Μάιο του 2016 μέχρι τον Νοέμβριο του 2018 η στάθμη αυξάνεται μέχρι την τιμή των 7,92m. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων της στάθμης του νερού η γεώτρηση βρισκόταν εκτός λειτουργίας, Έτσι, η διακύμανση αυτής οφείλεται στα κατακρημνίσματα.

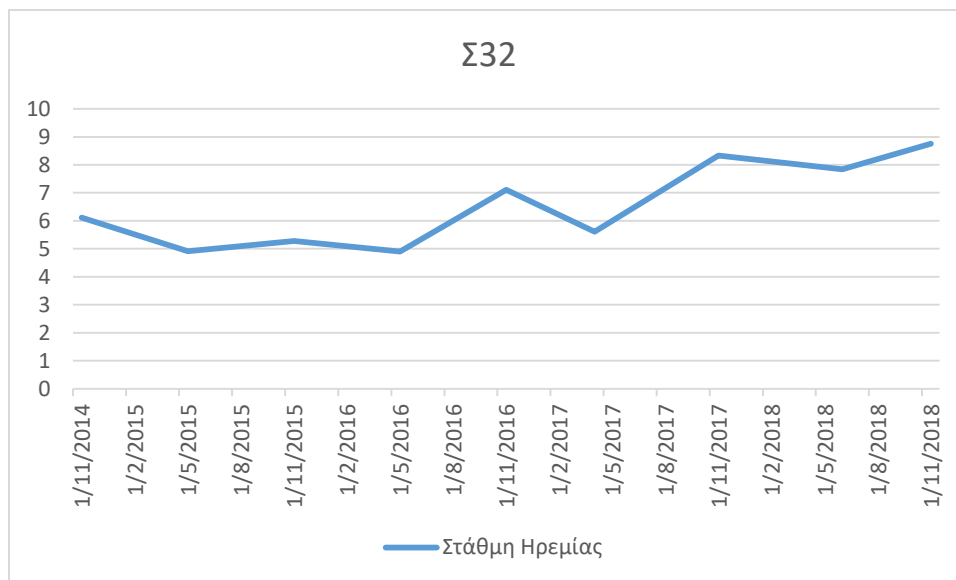


Σχήμα 3.9 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ28. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

3.10 Γεώτρηση Σ32

Η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Σ32 για την περίοδο 2014 – 2018 κυμαίνεται από 4,90m – 8,75m από το επίπεδο της θάλασσας. Η υψηλότερη τιμή 8,75m καταγράφηκε στις 12/11/2018.

Από τον Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Μάιο του 2016 παρατηρείται μείωση της στάθμης ηρεμίας που κυμαίνεται από 6,11m μέχρι 4,90m. Από τον Μάιο του 2016 μέχρι τον Νοέμβριο του 2018 η στάθμη αυξάνεται μέχρι την τιμή των 8,75m. Η διακύμανση της στάθμης ηρεμίας οφείλεται, όπως και στις προηγούμενες γεωτρήσεις, στα κατακρημνίσματα.



Σχήμα 3.10 : Πιεζομετρικό διάγραμμα της γεώτρησης Σ32. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

4 Υδρευτικές γεωτρήσεις στην περιοχή έρευνας

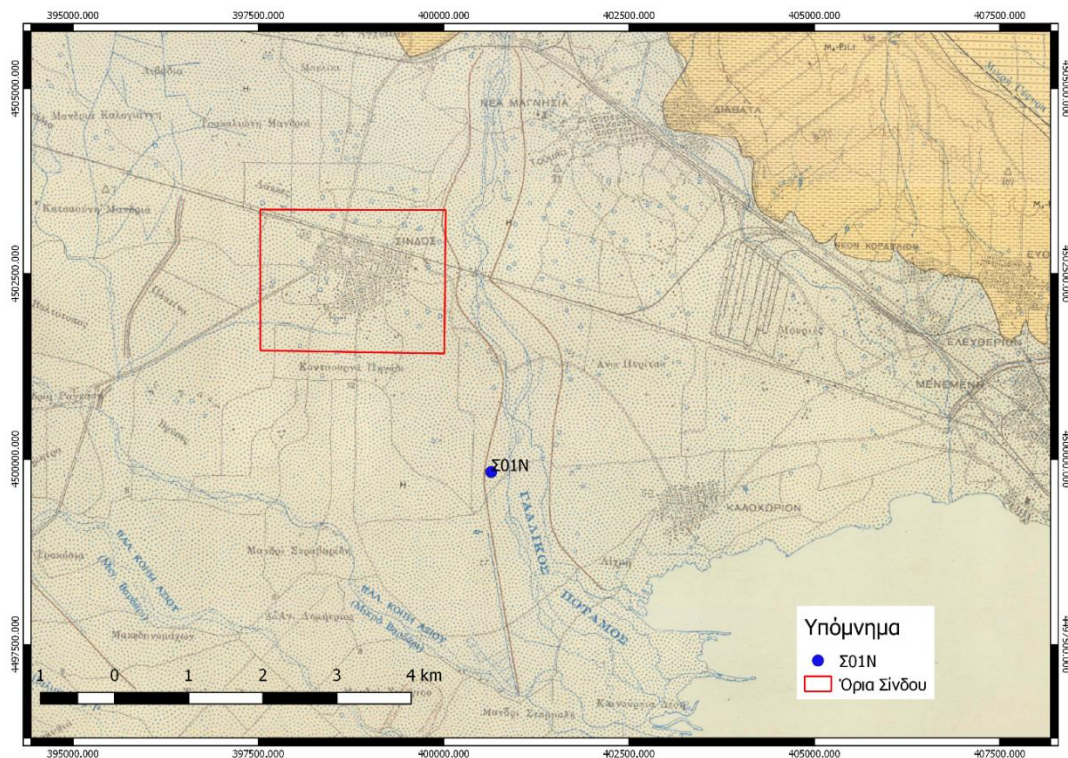
Στο παρακάτω κεφάλαιο θα αναφερθούν εκτενέστερα τα στοιχεία των δέκα (10) χαρακτηριστικών γεωτρήσεων που αναφέρθηκαν και στο Κεφάλαιο 3 στο οποίο έγινε η ανάλυση των πιεζομετρικών στοιχείων της κάθε μίας.

Όλες οι γεωτρήσεις ανοίχτηκαν με γεωτρήπανο τύπου SALZGITTER SW200 αναστρόφου κυκλοφορίας, με διάμετρο σωλήνωσης 8" και είδος αντλίας, πομόνα. Οι φυσικοχημικοί παράμετροι που θα αναλυθούν παρακάτω είναι η αγωγιμότητα, η οποία αποτελεί μία από τις χημικές παραμέτρους του υπόγειου νερού, τα κύρια ιόντα Cl^- και NO_3^- και τα δευτερεύοντα ιόντα Fe^{2+} , Mn^{2+} και NH_4^+ . Όσον αφορά την αγωγιμότητα, το ανώτερο όριο της για να θεωρηθεί πόσιμο το νερό είναι $2500\mu\text{S}/\text{cm}$, ενώ το επίπεδό της είναι $400\mu\text{S}/\text{cm}$. Όταν οι τιμές είναι υψηλές σημαίνει ότι και η ποσότητα των αλάτων είναι υψηλή και μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στην υγεία. Με βάση τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα χλωριούχα (Cl^-) άλατα έχουν κατώτατο όριο $25\text{mg}/\text{lit}$ και ανώτατη τιμή $250\text{mg}/\text{lit}$, τα νιτρικά NO_3^- έχουν επιθυμητό όριο $25\text{mg}/\text{lit}$ και ανώτατο όριο $50\text{mg}/\text{lit}$, το αμμώνιο NH_4^+ $0,50\text{mg}/\text{lit}$, ο σίδηρος (Fe^-) έχει επίπεδο συγκέντρωσης $20\text{mg}/\text{lit}$ και ανώτατο όριο $200\text{mg}/\text{lit}$ και το μαγγάνιο (Mn^-) $50\text{mg}/\text{lit}$ (Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης/11/1998). Το χλώριο προέρχεται κυρίως από τα ιζηματογενή πετρώματα, που περιέχουν αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας γένεσης. Στις βιομηχανικές περιοχές, όπως αυτή της Σίνδου, αύξηση του χλωρίου μπορεί να προέρχεται από την καύση των πλαστικών και τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια. Τα νιτρικά ιόντα NO_3^- προέρχονται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή προηγούμενη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Ο σίδηρος Fe^{2+} προέρχεται από μαγματικά πετρώματα, οξείδια, σουλφίδια και ανθρακικά ορυκτά (Βουδούρης Κ., 2006).

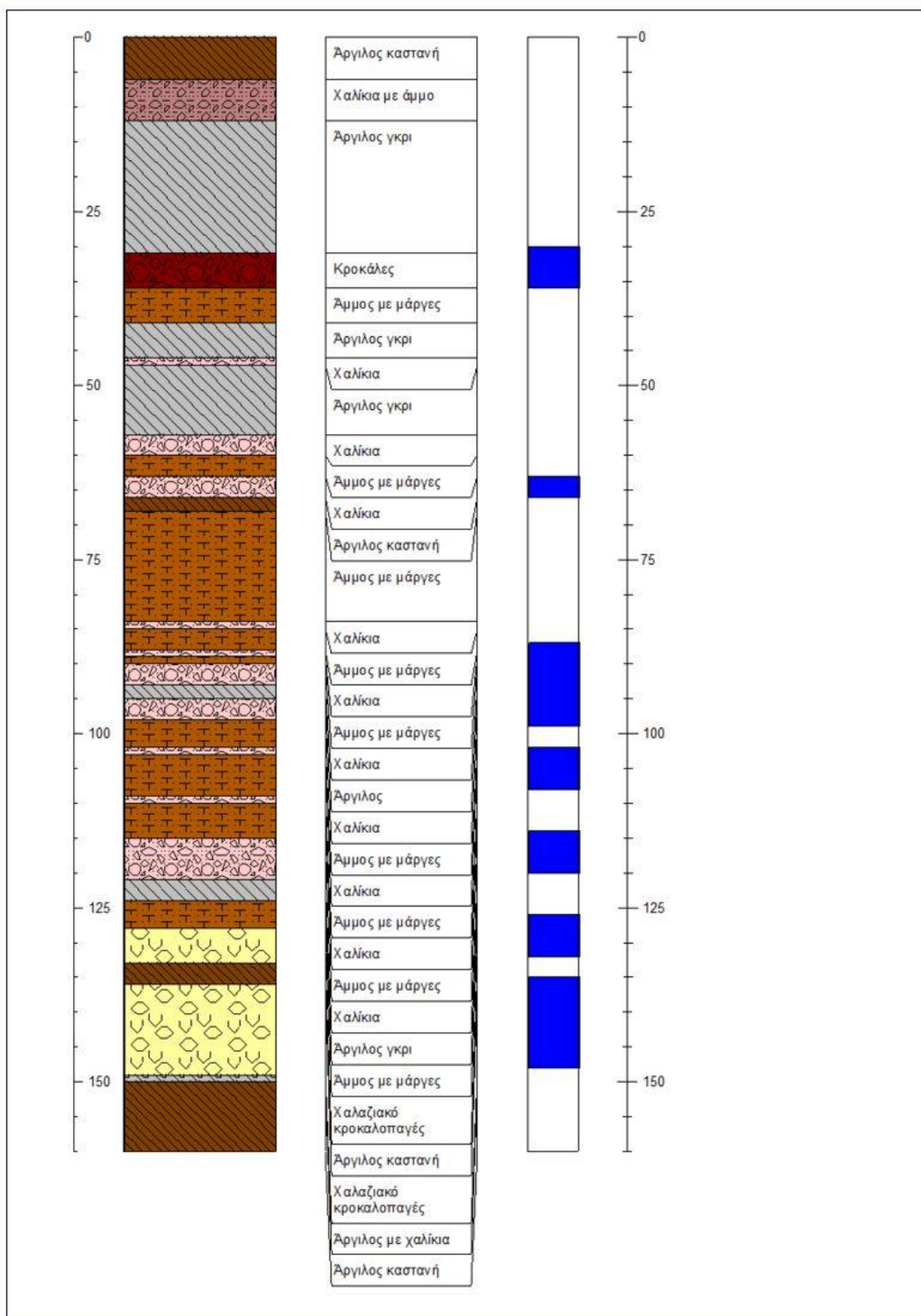
4.1 Υδρογεώτρηση Σ01Ν

Η γεώτρηση Σ01Ν κατασκευάστηκε στις 13/07/1989 για υδρευτική χρήση. Το βάθος της αντλίας είναι 44m, το τελικό βάθος είναι 160m ενώ, η μέγιστη παροχή προάντλησης είναι $260\text{m}^3/\text{h}$. Οι συντεταγμένες της γεώτρησης είναι **N 40° 38' 40" - E 22° 49' 30"**. Τα

διατρηθέντα πετρώματα αποτελούνται από εναλλαγές αργίλων, μαργών, άμμων, ψηφίδων, κροκάλων και κροκαλοπαγών. Τοποθετήθηκαν σωλήνες και φιλτροσωλήνες Φ300 και φίλτρα γεφυρωτού τύπου ανοίγματος 1,5mm. Επιπλέον, τοποθετήθηκε πιεζόμετρο σε άμεση επικοινωνία με τη στήλη σωληνώσεως από τα 60m μέχρι την επιφάνεια. Τέλος, σε βάθος 33m, τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ ήταν 1300mg/lit, η αγωγιμότητα ήταν 5200μS/cm, σε βάθος 40m, τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ ήταν 910mg/lit, η αγωγιμότητα ήταν 3800μS/cm, σε βάθος 75m, τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ ήταν 35mg/lit, η αγωγιμότητα ήταν 500μS/cm, σε βάθος 118m, τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ ήταν 35mg/lit, η αγωγιμότητα ήταν 550μS/cm, σε βάθος 126m, τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ ήταν 35mg/lit, η αγωγιμότητα ήταν 550μS/cm, σε βάθος 140m, τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ ήταν 600mg/lit, η αγωγιμότητα ήταν 2850μS/cm και σε βάθος 152m, τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ ήταν 500mg/lit και η αγωγιμότητα ήταν 2300μS/cm (Σχήμα 4.1.3).



Σχήμα 4.1.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ01N



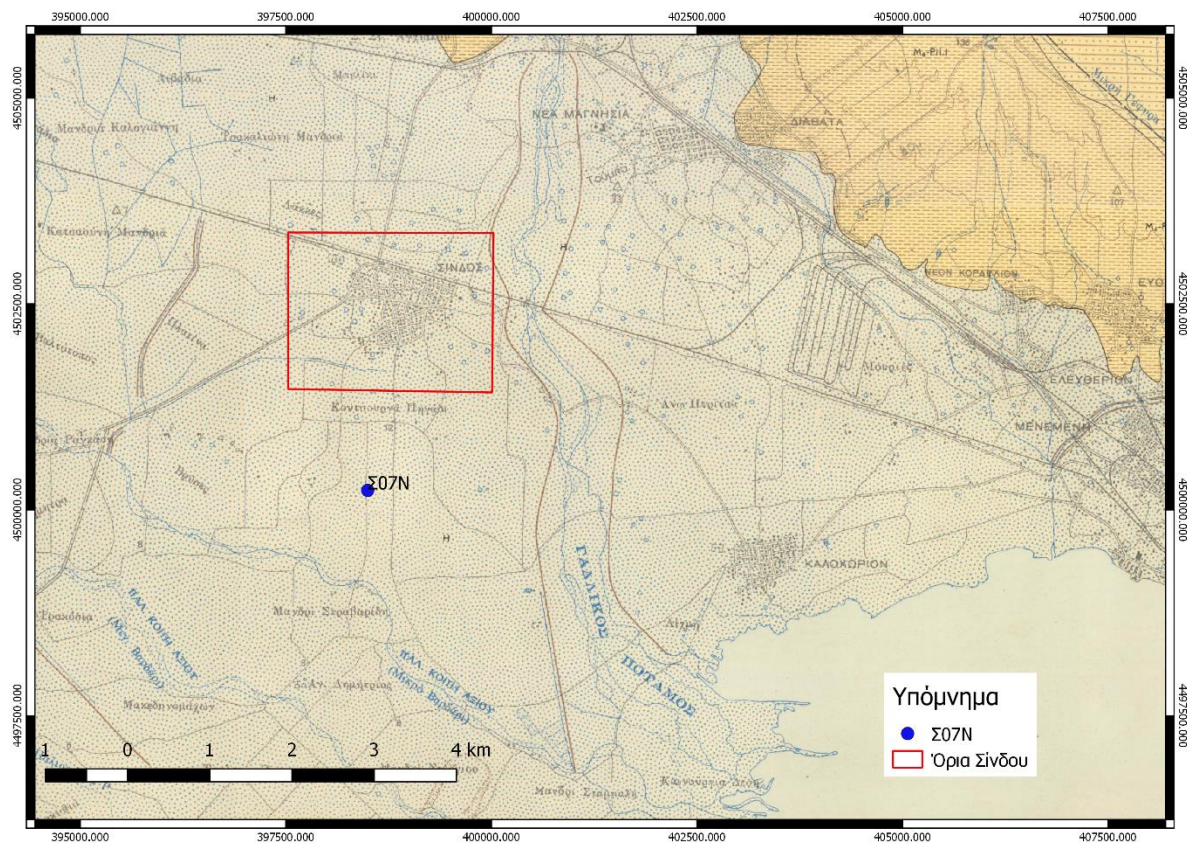
Σχήμα 4.1.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ01N

ΒΑΘΟΣ (m)	CL- (mg/lit)	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)
33	1300	5200
40	910	3800
75	35	500
118	35	550
126	35	550
140	600	2850
152	500	2300

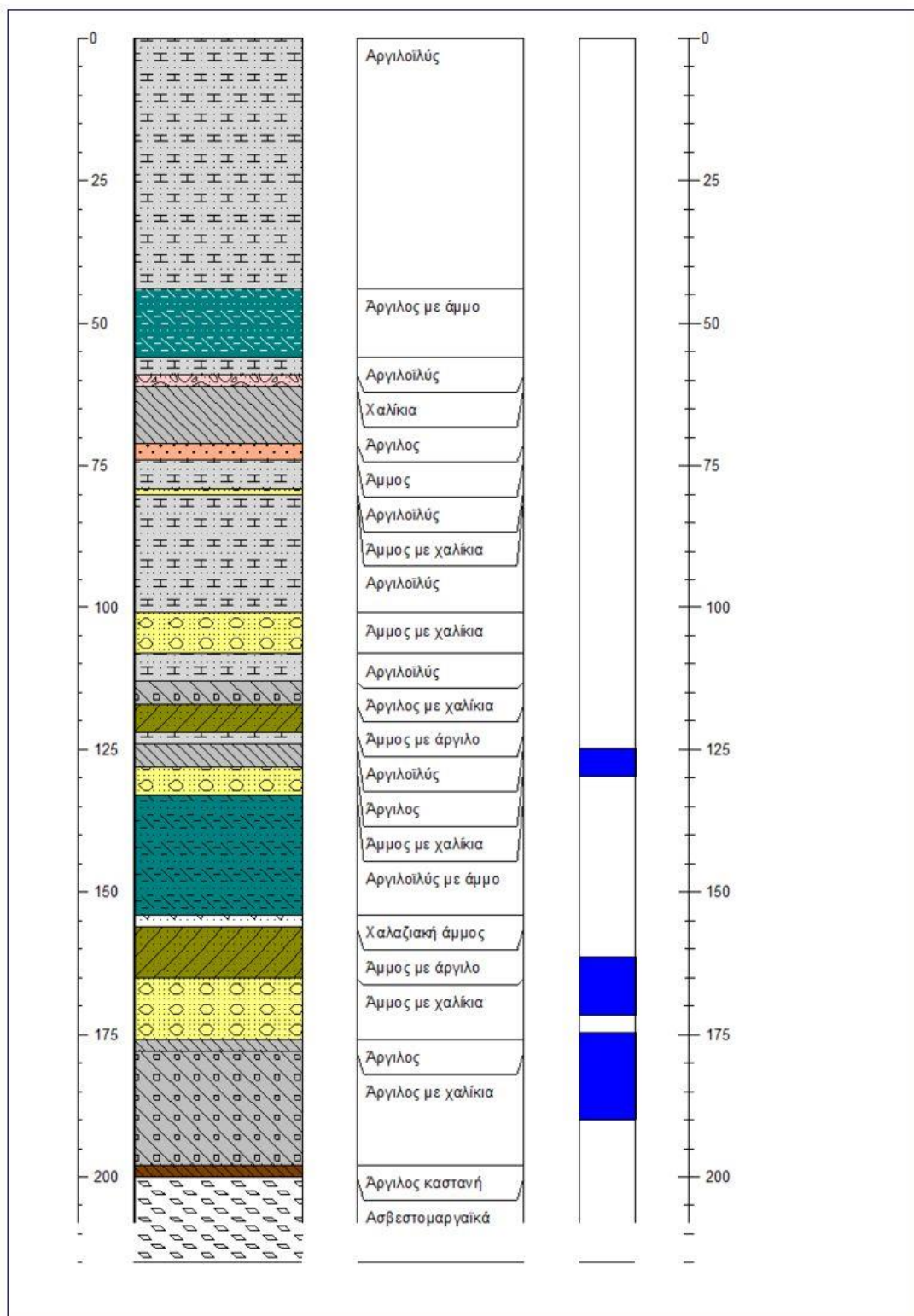
Σχήμα 4.1.3 : Χημικά στοιχεία του υπόγειου νερού

4.2 Υδρογεώτρηση Σ07N

Η γεώτρηση Σ07N κατασκευάστηκε το 1997 για υδρευτική χρήση και υδροδοτεί μέχρι σήμερα την ΕΥΑΘ. Οι συντεταγμένες της είναι **N 40° 39' 07" - E 22° 48' 18"**. Το βάθος της σωλήνωσης φτάνει τα 193m και η εκτιμώμενη παροχή είναι 90m³/h. Όσον αφορά τα χημικά στοιχεία του νερού μετρήθηκε το 2001 η αγωγιμότητα στα 570μS/cm και τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ ήταν 46mg/lit. Στις πρώτες μετρήσει που έγιναν το 1997 η αγωγιμότητα έφτανε τα 720μS/cm τα ιόντα χλωρίου 64mg/lit και υπήρχε μία μικρή ποσότητα σιδήρου Fe = 1,4mg/lit και μαγγανίου Mn = 0,28mg/lit. Διατρήθηκαν σχηματισμοί που αποτελούνταν από εναλλαγές αργίλων, αργιλοπηλών, άμμων, χαλίκων και μαργών.



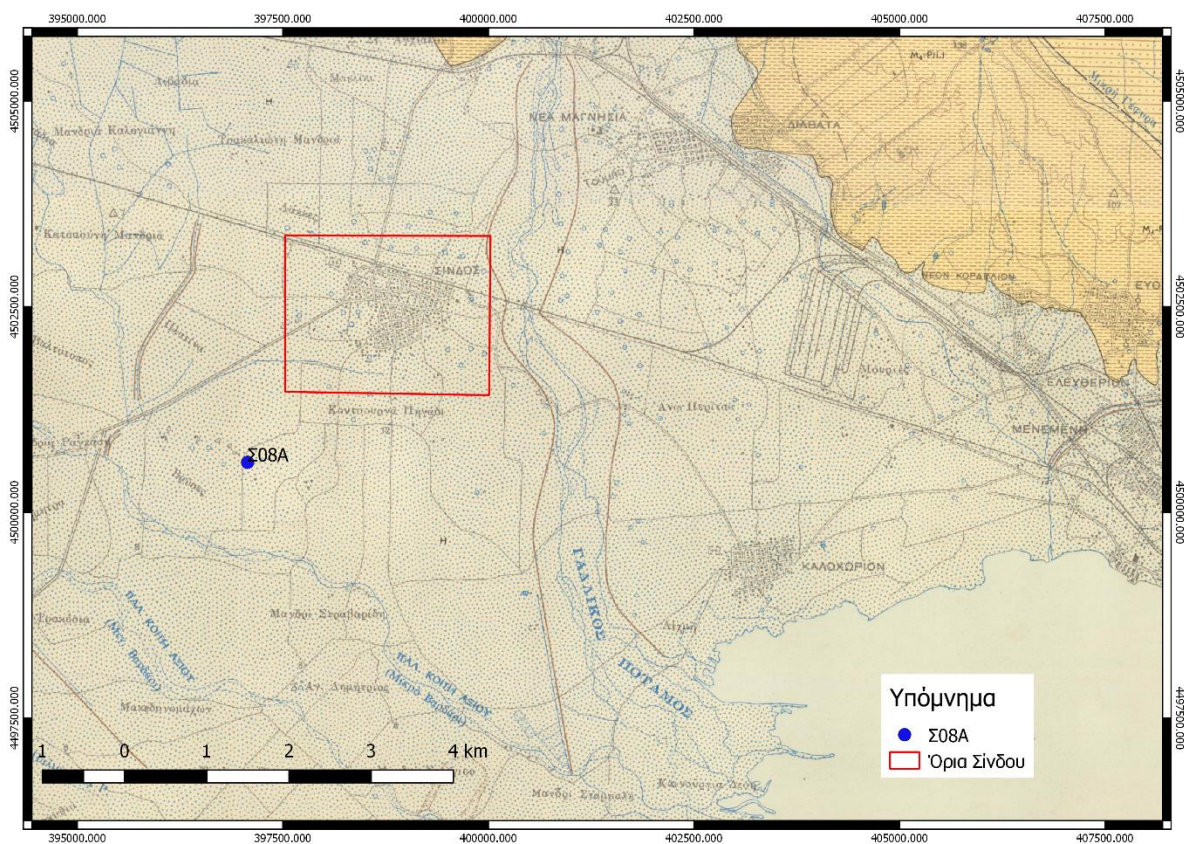
Σχήμα 4.2.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ07N



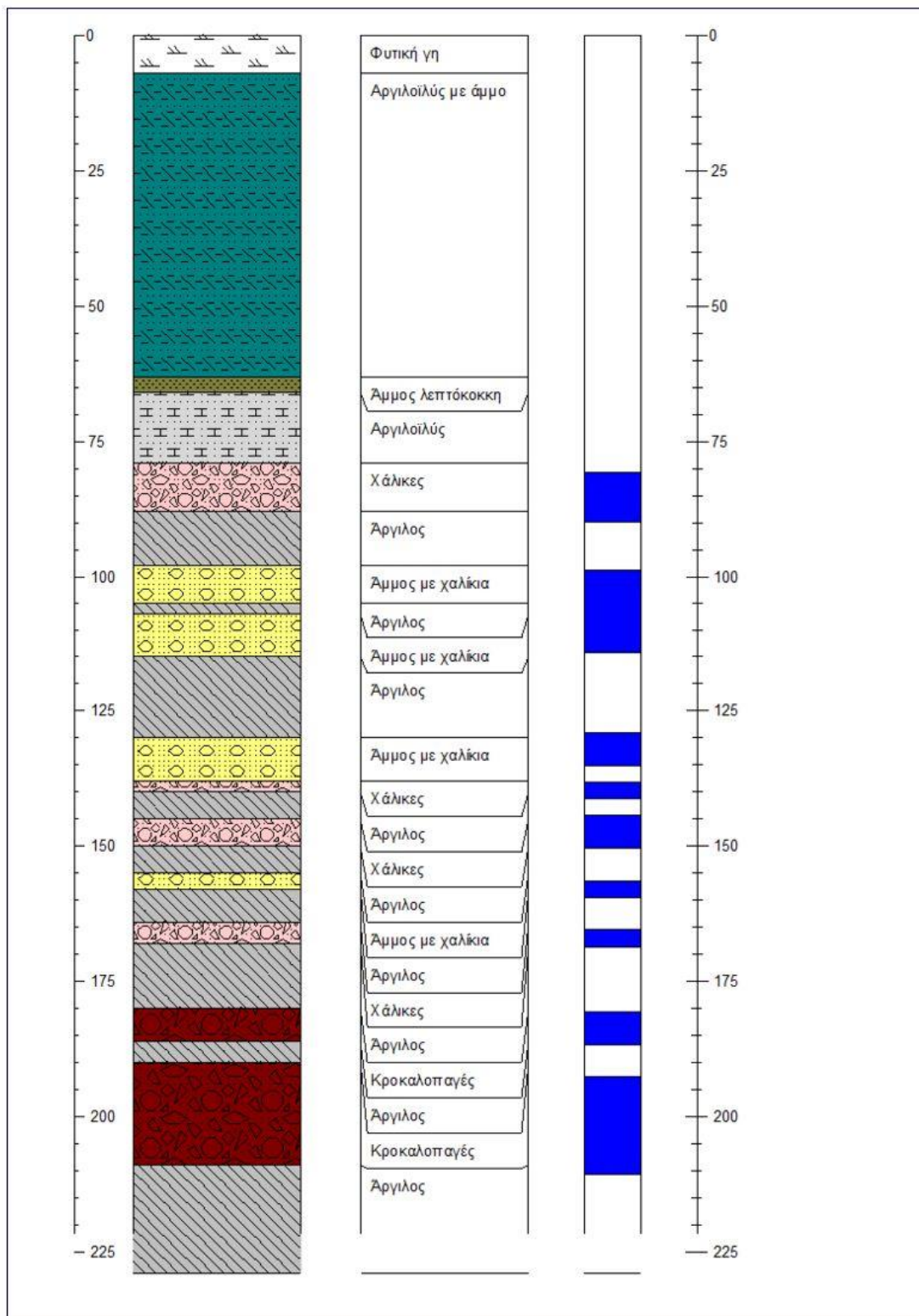
Σχήμα 4.2.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ07N

4.3 Υδρογεώτρηση Σ08Α

Η γεώτρηση Σ08Α κατασκευάστηκε το 1994 για υδρευτική χρήση και υδροδοτεί ακόμα και σήμερα την ΕΥΑΘ. Οι συντεταγμένες της είναι $N 40^{\circ} 39' 18'' - E 22^{\circ} 46' 45''$. Το βάθος της σωλήνωσης είναι 216m και η εκτιμώμενη παροχή είναι $80m^3/h$. Οι χημικές μετρήσεις που έγιναν το 2001 έδειξαν ότι η αγωγιμότητα είχε τιμή $830\mu S/cm$, τα ιόντα χλωρίου Cl^- ήταν στα $146mg/lit$ και η ποσότητα του σιδήρου Fe που βρέθηκε ήταν $0,02mg/lit$.



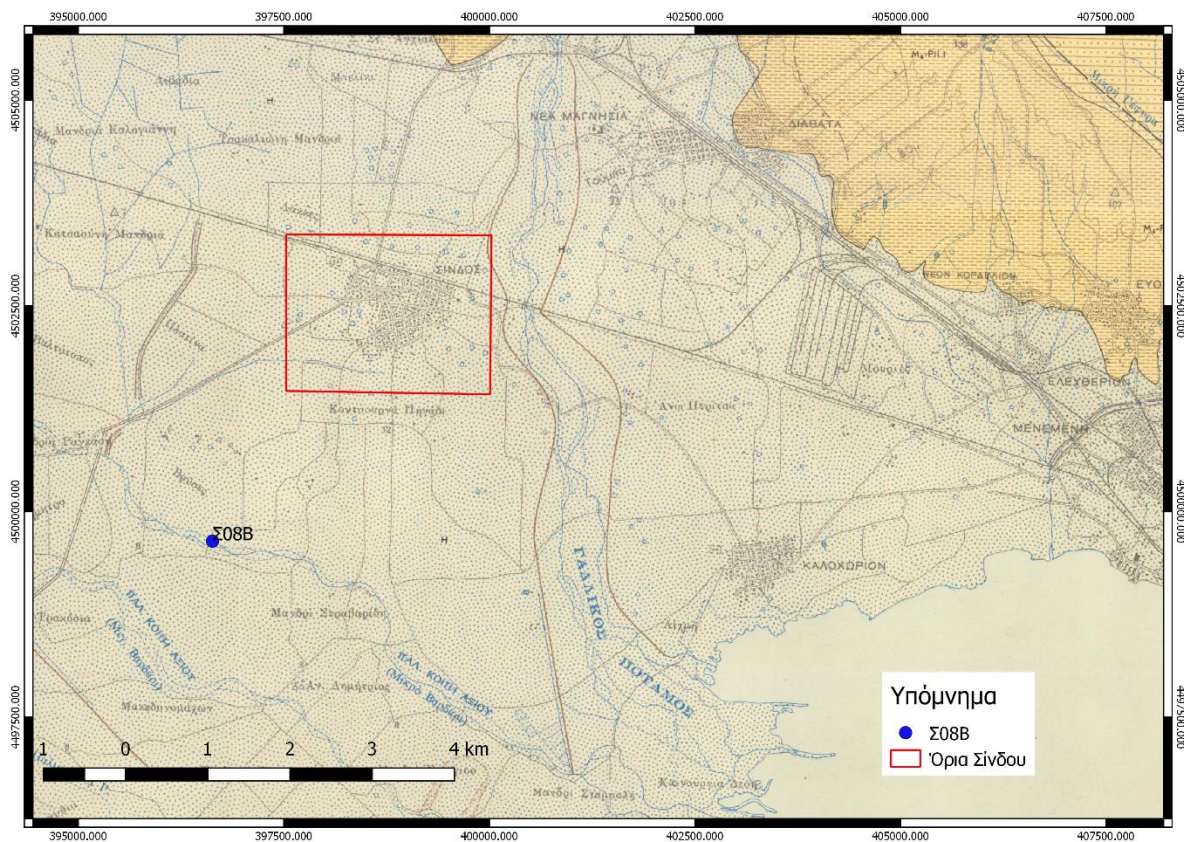
Σχήμα 4.3.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ08Α



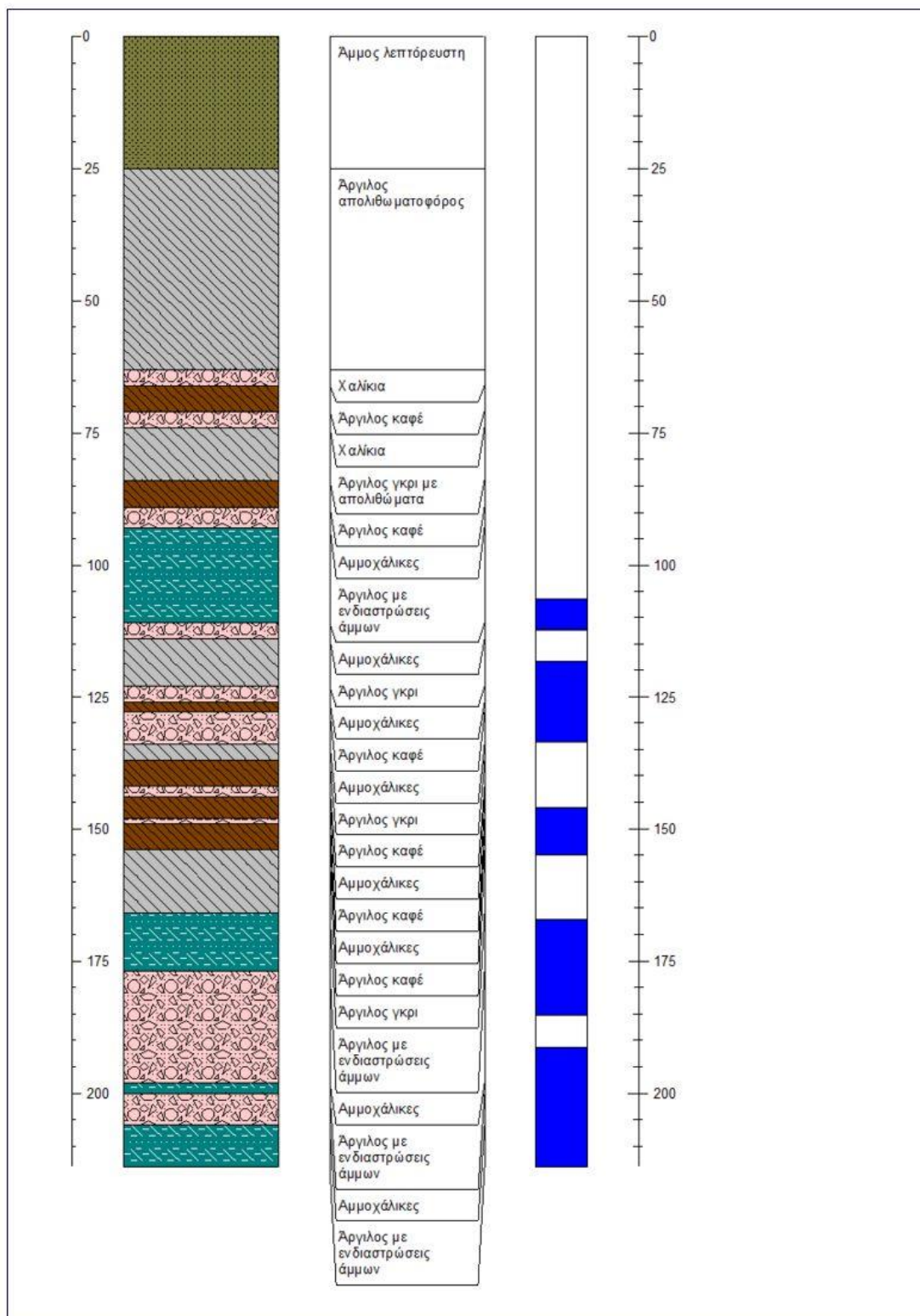
Σχήμα 4.3.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ08Α

4.4 Υδρογεώτρηση Σ08B

Η γεώτρηση Σ08B κατασκευάστηκε το 1997 για υδρευτική χρήση και υδροδοτεί την ΕΥΑΘ. Οι συντεταγμένες της είναι $N 40^{\circ} 38' 47''$ - $E 22^{\circ} 46' 27''$. Το βάθος της σωλήνωσης φτάνει τα 222m και η εκτιμώμενη παροχή είναι $80m^3/h$. Τα αποτελέσματα των χημικών μετρήσεων του 2001 έδειξαν ότι η αγωγιμότητα έφτανε τα $570\mu S/cm$, τα ιόντα χλωρίου $Cl^- = 66mg/lit$ και ο σίδηρος Fe που βρέθηκε είχε τιμή $0,03mg/lit$.



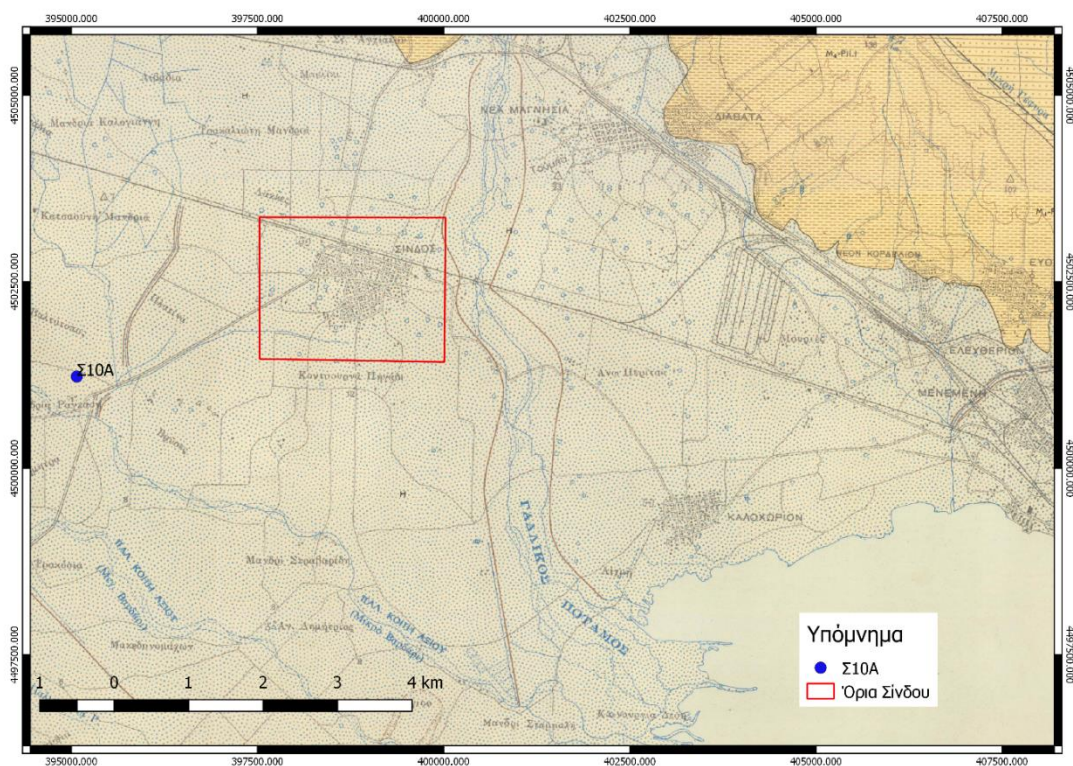
Σχήμα 4.4.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ08B



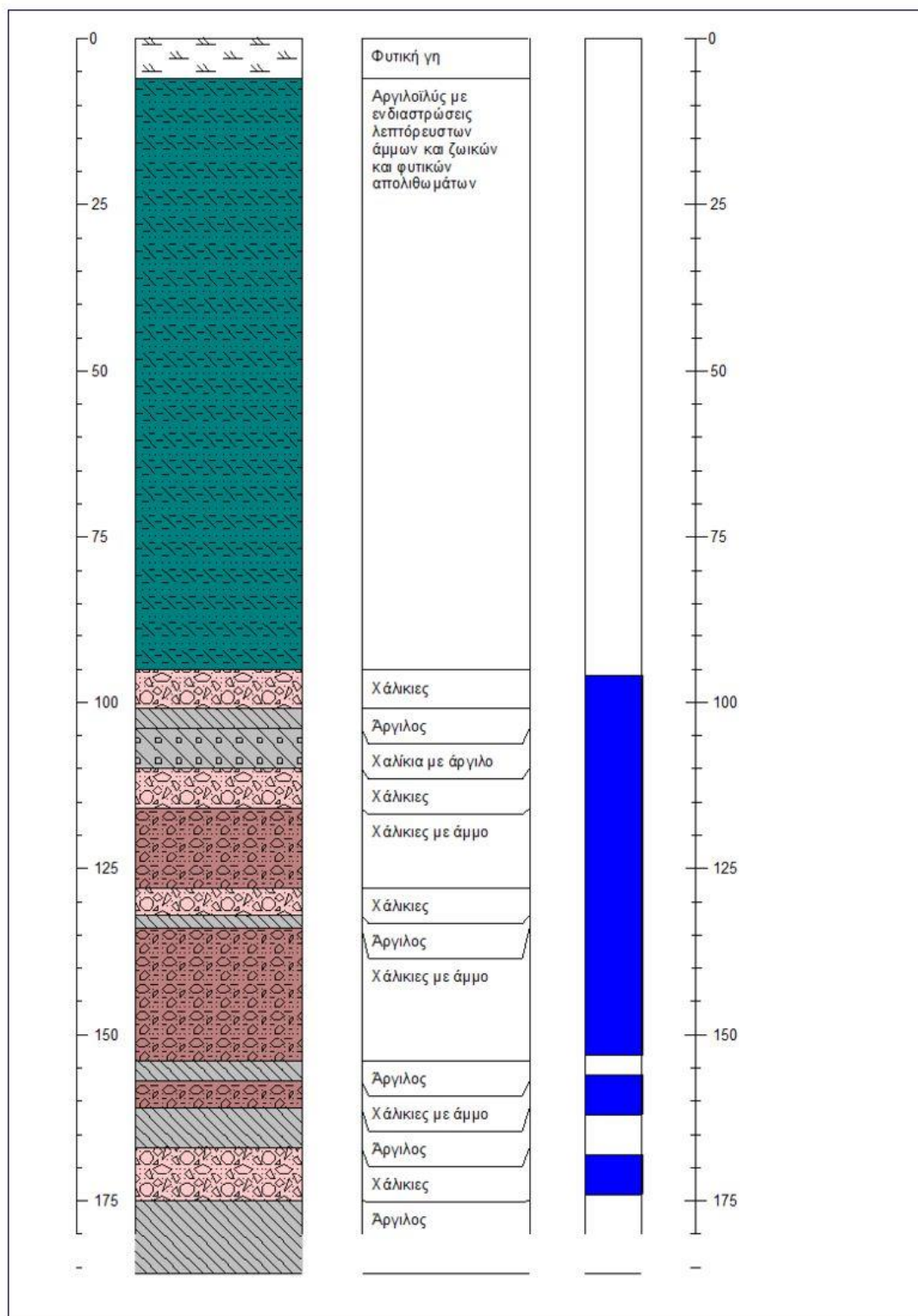
Σχήμα 4.4.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ08Β

4.5 Υδρογεώτρηση Σ10Α

Η γεώτρηση Σ10Α κατασκευάστηκε το 1994 για υδρευτική χρήση και υδροδοτεί την ΕΥΑΘ. Οι συντεταγμένες της είναι **coordX = 395073.046** και **coordY = 4501227.278**. Το βάθος της σωλήνωσης είναι 180m και η προτεινόμενη παροχή εκμετάλλευσης ήταν $160\text{m}^3/\text{h}$. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που έγιναν το 2001 έδειξαν ότι η τιμή της αγωγιμότητας φτάνει τα $1600\mu\text{S}/\text{cm}$, η τιμή των ιόντων χλωρίου φτάνει τα $378\text{mg}/\text{lit}$, ο σίδηρος Fe φτάνει τα $0,198\text{mg}/\text{lit}$, το μαγγάνιο Mn $0,168\text{mg}/\text{lit}$ και βγήκαν θετικά σε αμμωνία NH_3 .



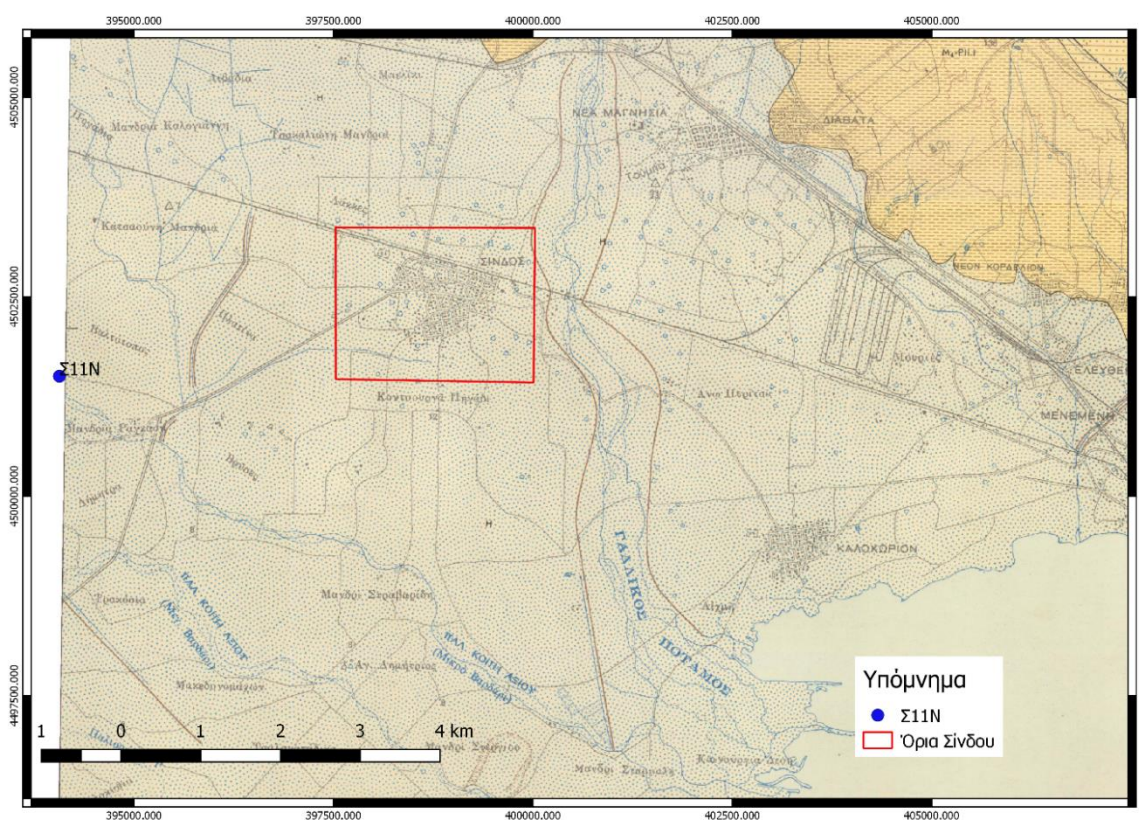
Σχήμα 4.5.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ10Α



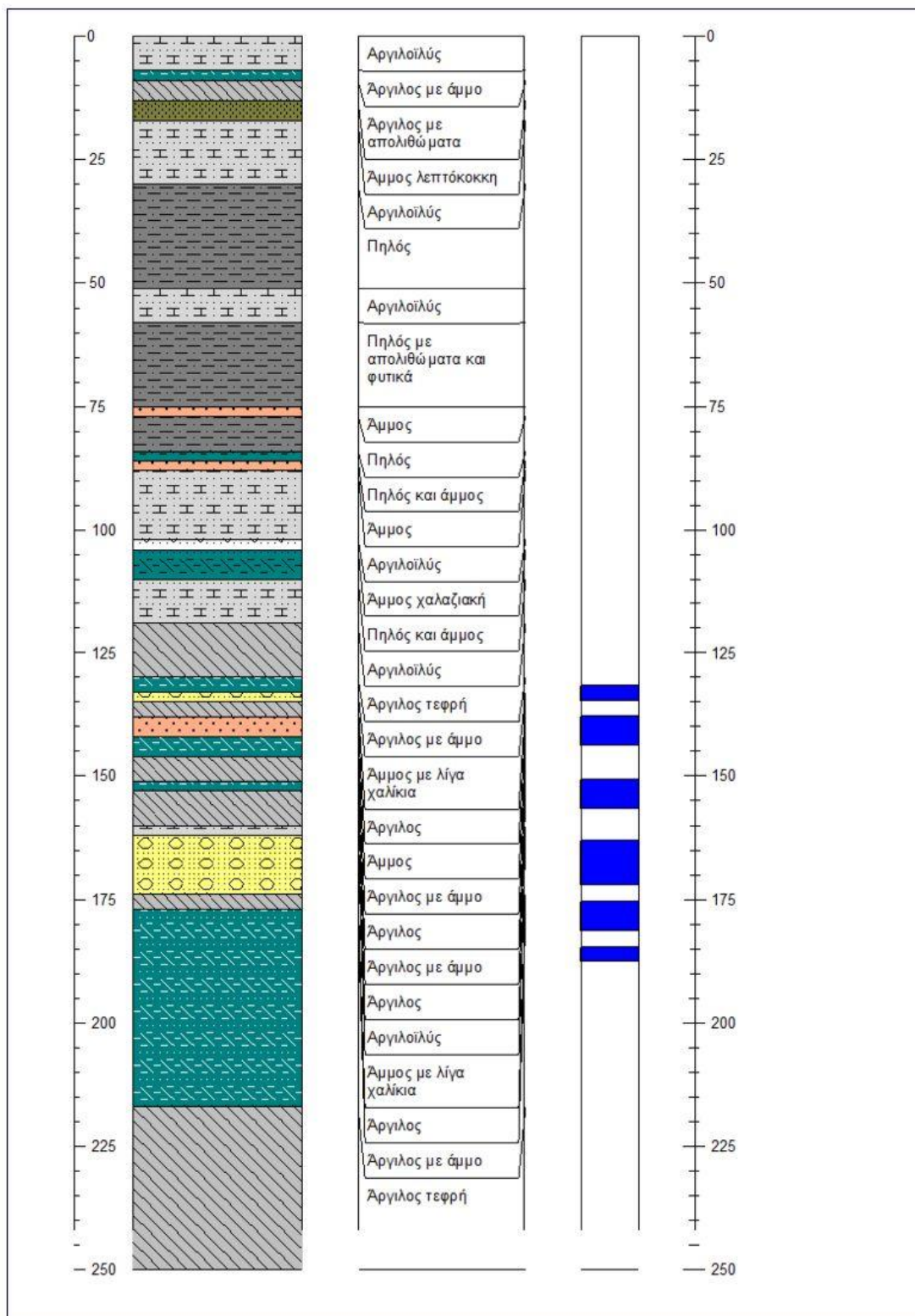
Σχήμα 4.5.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ10Α

4.6 Υδρογεώτρηση Σ11N

Η γεώτρηση Σ11N κατασκευάστηκε το 1997 για υδρευτική χρήση. Σήμερα δεν είναι συνδεδεμένη. Οι συντεταγμένες της είναι **coordX = 394061.806** και **coordY = 4501503.239**. Το βάθος της σωλήνωσης είναι 190m και η εκτιμώμενη παροχή είναι 100m³/h. Τα αποτελέσματα των χημικών μετρήσεων που έγιναν το 2001 έδειξαν ότι η αγωγιμότητα είχε τιμή 1160μS/cm, τα ιόντα χλωρίου Cl⁻ είχαν τιμή 248mg/lit, ο σίδηρος Fe που βρέθηκε είχε τιμή 0,06mg/lit και το μαγγάνιο Mn είχε 0,304mg/lit. Επιπλέον, το νερό βρέθηκε θετικό σε αμμωνία NH₃. Διατρήθηκαν σχηματισμοί αποτελούμενοι από εναλλαγές αργίλων, αργιλοπηλών, άμμων και χαλίκων.



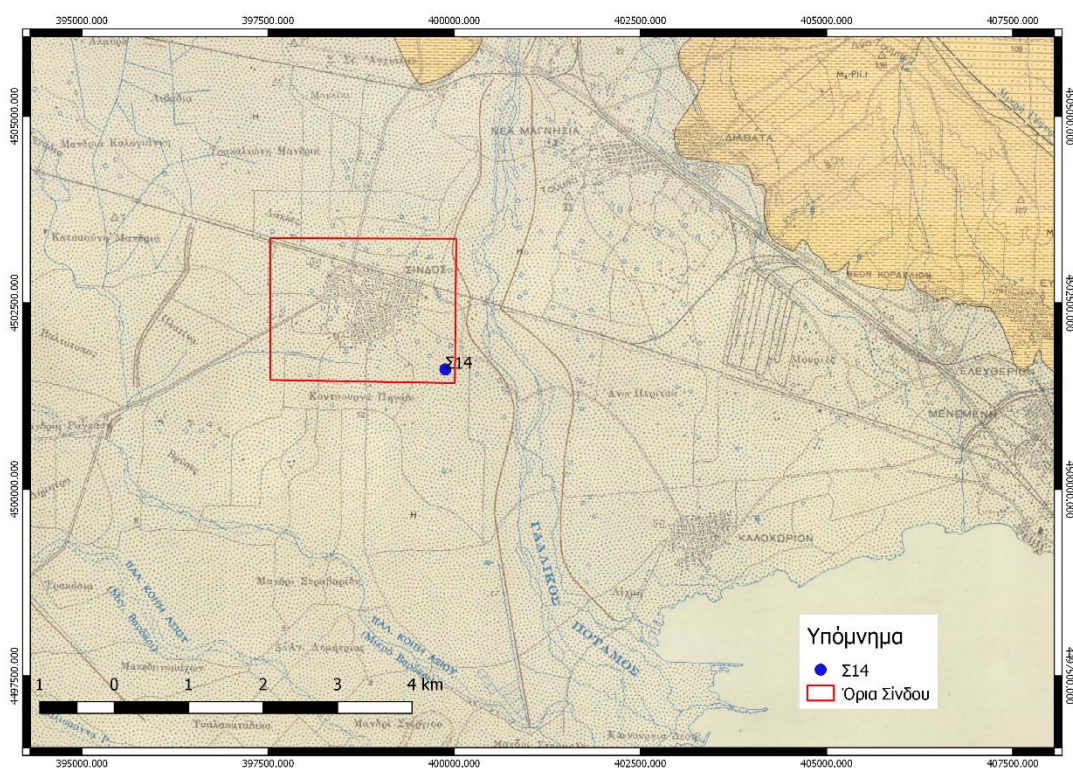
Σχήμα 4.6.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ11N



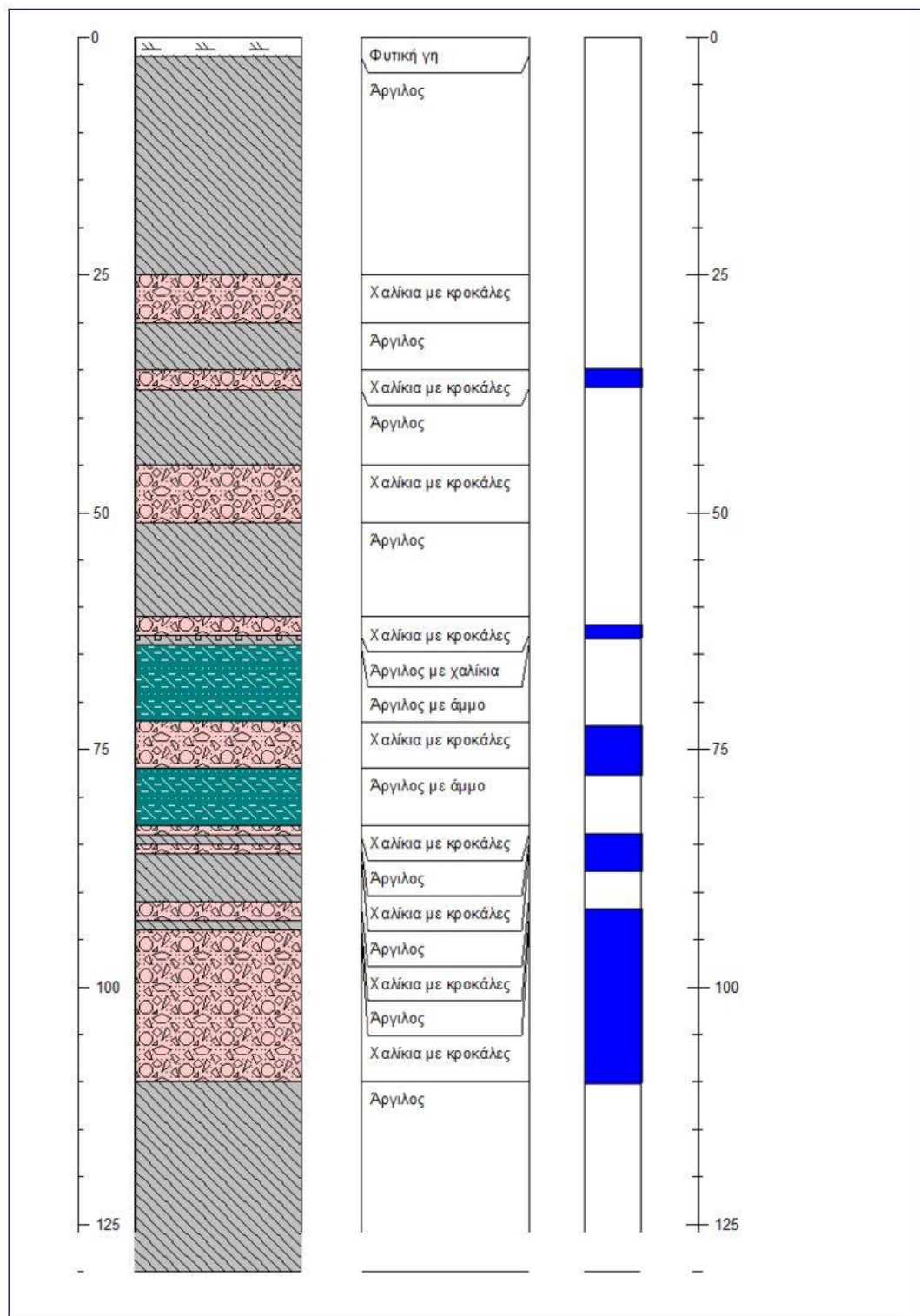
Σχήμα 4.6.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ11Ν

4.7 Υδρογεώτρηση Σ14

Η γεώτρηση Σ14 κατασκευάστηκε το 1973 για υδρευτική χρήση. Σήμερα υδροδοτεί την ΕΥΑΘ. Οι συντεταγμένες της είναι $N 40^{\circ} 39' 52'' - E 22^{\circ} 48' 46''$. Το βάθος σωλήνωσης είναι 116m και η εκτιμώμενη παροχή $50m^3/h$. Οι χημικές αναλύσεις που έγιναν στο νερό το 2001, έδειξαν ότι, η αγωγιμότητα είχε τιμή $1140\mu S/cm$, τα ιόντα χλωρίου Cl^- είχαν τιμή $169mg/lit$ και ο σίδηρος Fe είχε τιμή $0,018mg/lit$. Διατρήθηκαν σχηματισμοί αποτελούμενοι από εναλλαγές αργίλων, άμμων και χαλίκων.



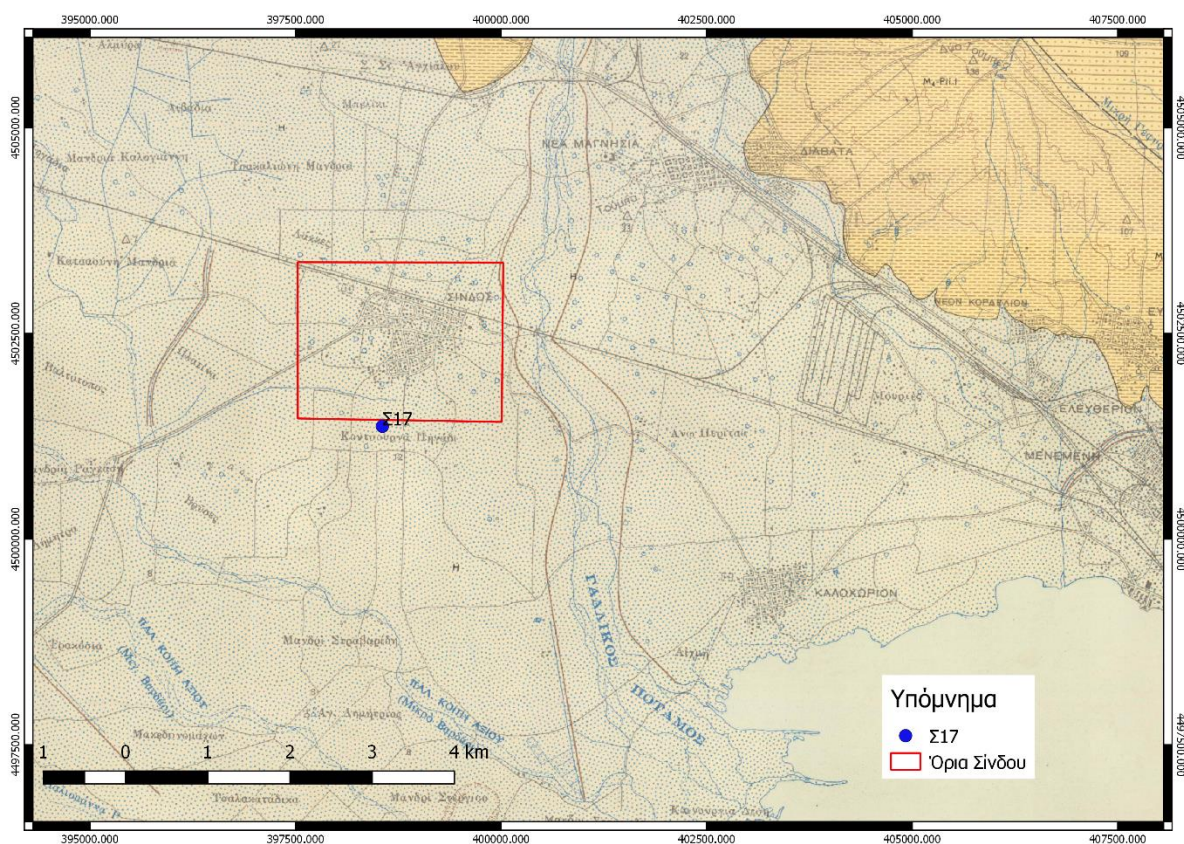
Σχήμα 4.7.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ14



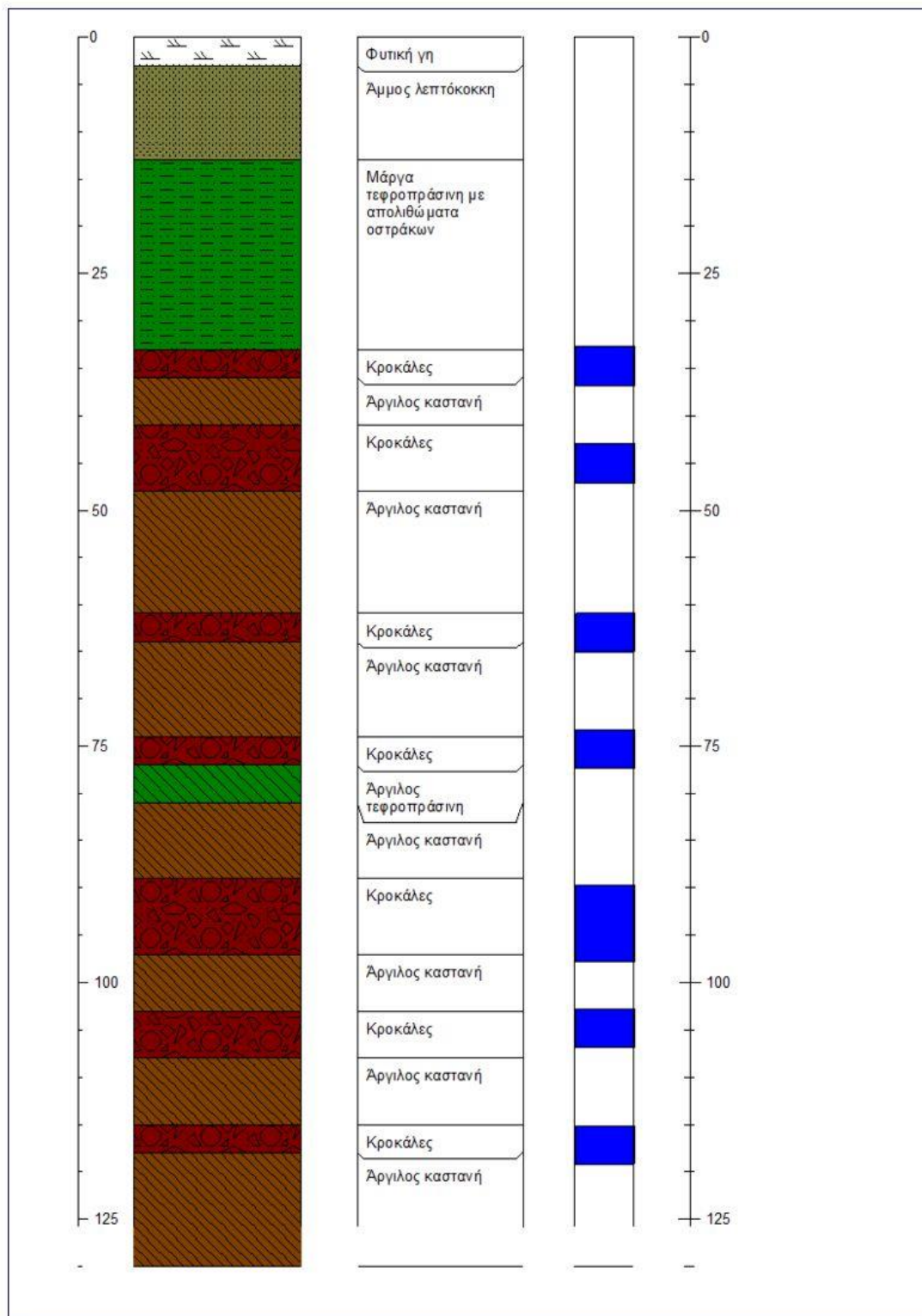
Σχήμα 4.7.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ14

4.8 Υδρογεώτρηση Σ17

Η γεώτρηση Σ17 κατασκευάστηκε το 1973 για υδρευτική χρήση. Σήμερα δεν είναι συνδεδεμένη. Οι συντεταγμένες της είναι **coordX = 398560.129** και **coordY = 4501364.332**. Το βάθος της σωλήνωσης είναι 125m. Τα αποτελέσματα των χημικών μετρήσεων που έγιναν στο νερό, έδειξαν ότι η αγωγιμότητα ήταν 1000μS/cm, η τιμή των ιόντων χλωρίου Cl⁻ ήταν 168mg/lit και η τιμή του μαγγανίου Mn ήταν 0,102mg/lit. Διατρήθηκαν σχηματισμοί αποτελούμενοι από εναλλαγές αργίλων , άμμων , κροκάλων και μαργών.

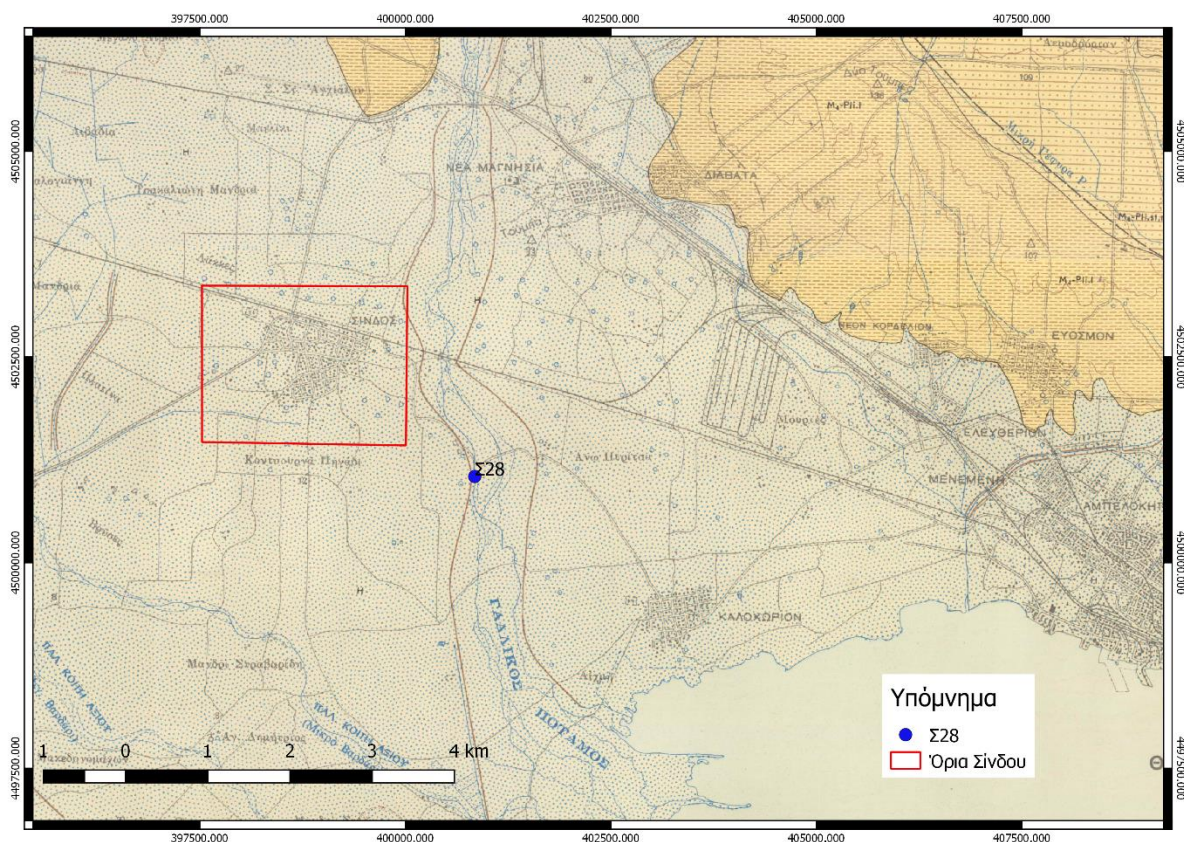


Σχήμα 4.8.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ17

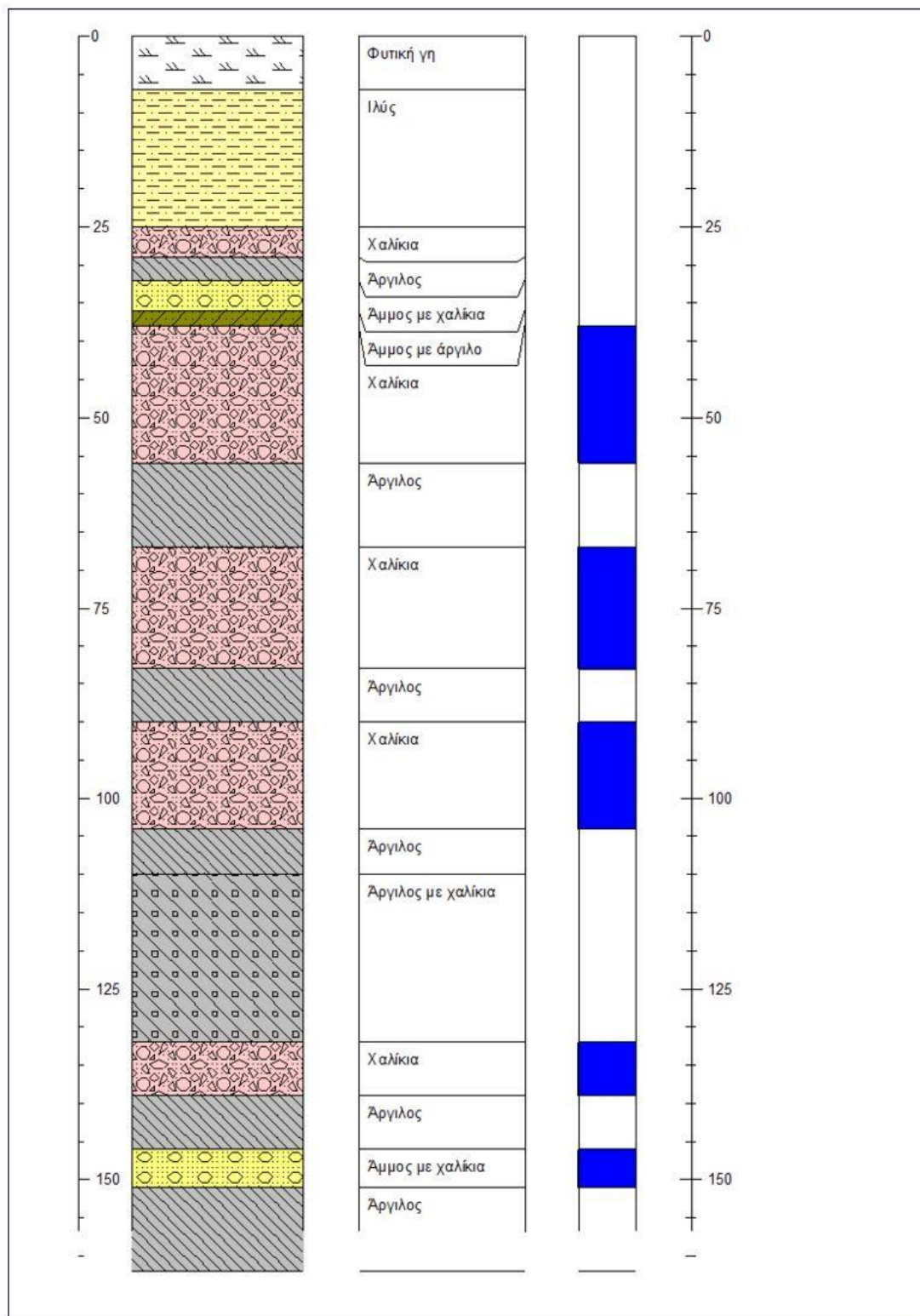


Σχήμα 4.8.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ17

Η γεώτρηση Σ28 κατασκευάστηκε το 1990 για υδρευτική χρήση. Σήμερα υδροδοτεί την ΕΥΑΘ. Οι συντεταγμένες της είναι **coordX = 400849.838** και **coordY = 4501039.688**. Το βάθος της σωλήνωσης είναι 159m και η εκτιμώμενη παροχή είναι 80m³/h. Τα αποτελέσματα των χημικών μετρήσεων που έγιναν στο νερό το 2001, έδειξαν ότι η αγωγιμότητα ήταν 960μS/cm, η τιμή των ιόντων χλωρίου Cl⁻ ήταν 144mg/lit, η τιμή του σιδήρου Fe ήταν 0,083mg/lit και η τιμή του μαγγανίου Mn ήταν 0,031mg/lit. Διατρήθηκαν σχηματισμοί αποτελούμενοι από εναλλαγές αργίλων, άμμων και χαλίκων.



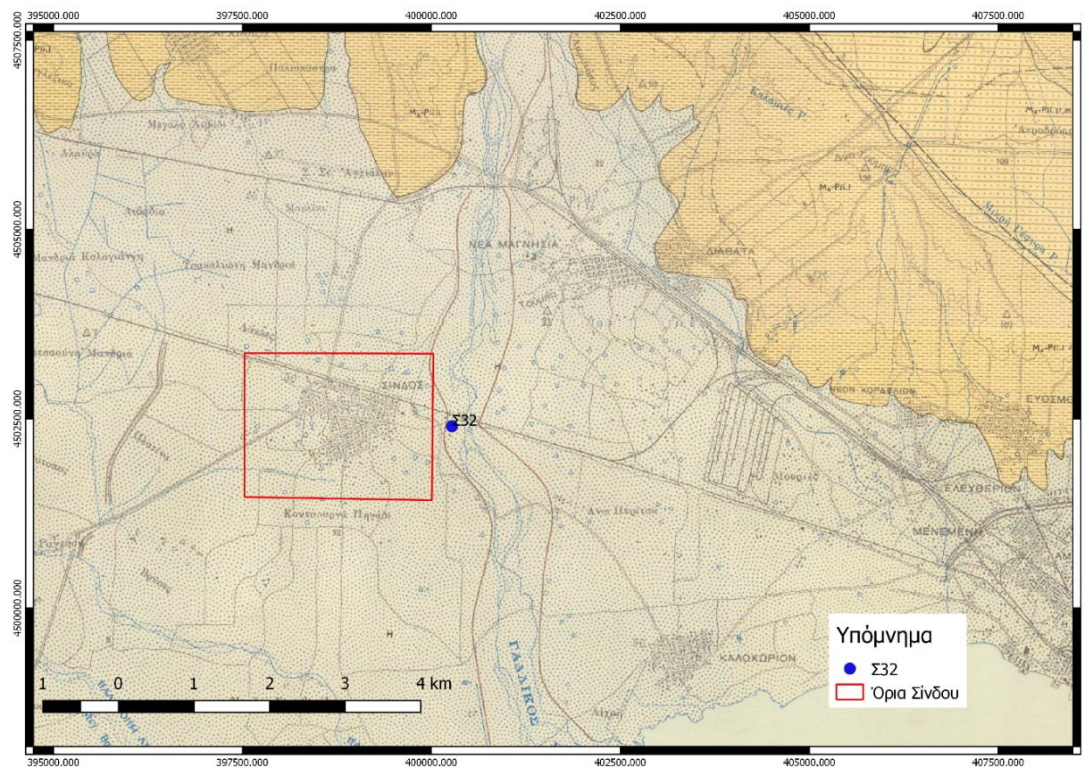
Σχήμα 4.9.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ28



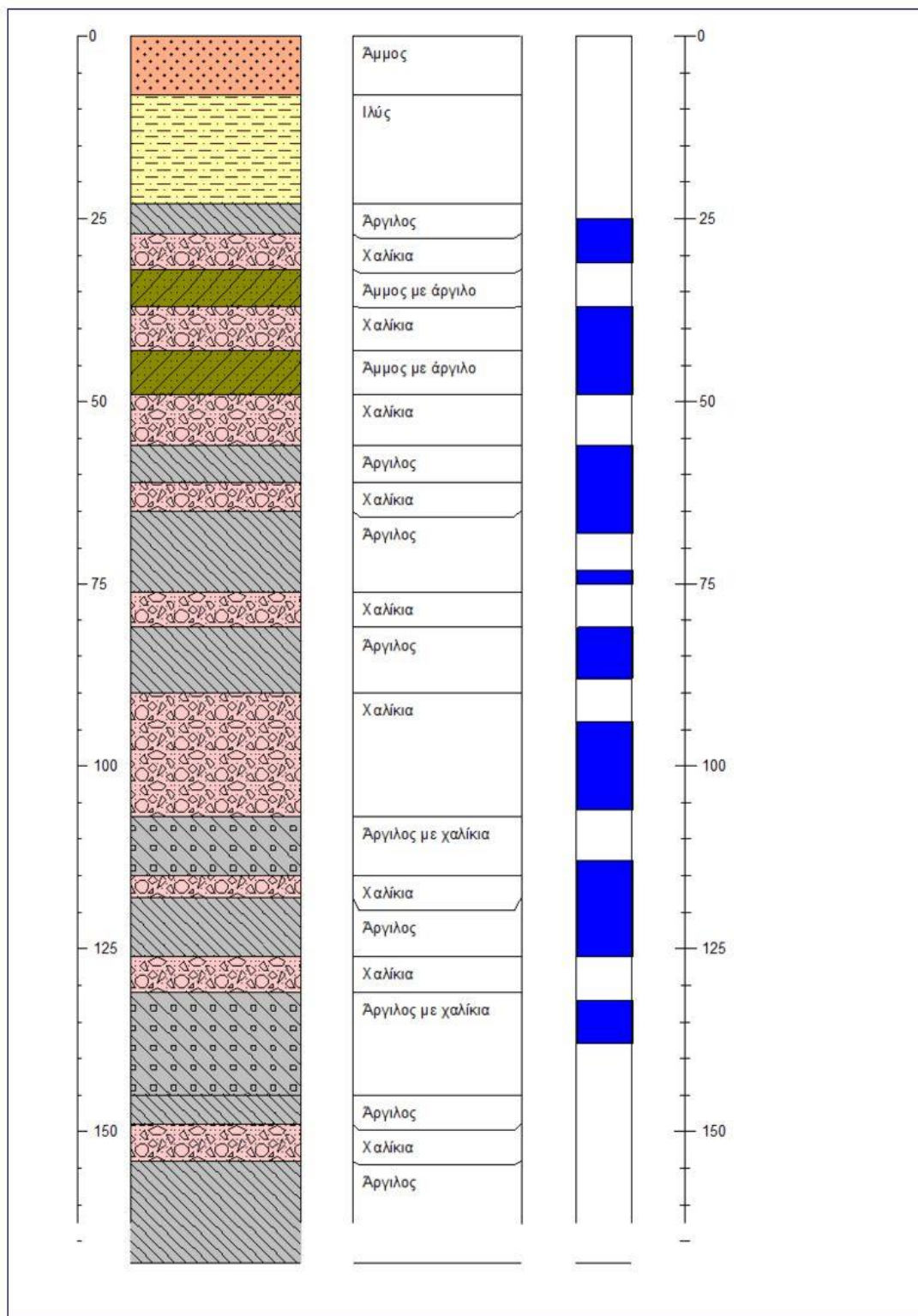
Σχήμα 4.9.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ28

4.10 Υδρογεώτρηση Σ32

Η γεώτρηση Σ32 κατασκευάστηκε το 1990 για υδρευτική χρήση. Σήμερα υδροδοτεί την ΕΥΑΘ. Οι συντεταγμένες της είναι **coordX = 400270.928** και **coordY = 4502398.458**. Το βάθος της σωλήνωσης είναι 163m. Τα αποτελέσματα των χημικών μετρήσεων που έγιναν στο νερό το 1996, έδειξαν ότι η αγωγιμότητα ήταν 2350μS/cm, η τιμή των ιόντων χλωρίου Cl⁻ ήταν 662mg/lit, η τιμή του σιδήρου Fe ήταν 0,032mg/lit και η τιμή του pH ήταν 7,19. Διατρήθηκαν σχηματισμοί αποτελούμενοι από εναλλαγές αργίλων, άμμων και χαλίκων.



Σχήμα 4.10.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ32



Σχήμα 4.10.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ32

5 Συμπεράσματα

Με βάση την υδρογεωλογική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Σίνδου και την εξέταση των δεδομένων που μου παραχώρησε η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης (ΕΥΑΘ) προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- Η περιοχή της Σίνδου ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας (ΥΔ10) και βρίσκεται ανάμεσα στις λεκάνες απορροής των ποταμών (ΛΑΠ) Αξιού και Γαλλικού. Η έκτασή της είναι $47,25 \text{ km}^2$.
- Η ΛΑΠ του Αξιού καλύπτει κυρίως αρδευτικές ανάγκες, και η συνολική ποσότητα που προσφέρει είναι $4,4 \times 10^9 \text{ m}^3$.
- Η ΛΑΠ του Γαλλικού προσφέρει μία ποσότητα νερού που φτάνει τα $179 \times 10^6 \text{ m}^3$.
- Το υδρολογικό έτος με το μεγαλύτερο ύψος βροχής ήταν αυτό του 2015 – 2016 με $436,6 \text{ mm}$. Ενώ αυτό με το μικρότερο ύψος βροχής είναι το 2016 – 2017 με $298,8 \text{ mm}$.
- Το έτος με την υψηλότερη μέση θερμοκρασία ήταν το 2015 με μέση ετήσια τιμή $17,86^\circ\text{C}$. Ενώ αυτό με την μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία ήταν το 2017 με τιμή $16,10^\circ\text{C}$.
- Στη Σίνδο υπάρχουν 46 υδρογεωτρήσεις από τις οποίες λειτουργούν και υδροδοτούν την ΕΥΑΘ οι 22.
- Το υπόβαθρο της περιοχής της Σίνδου αποτελείται από ολοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες.
- Όπως παρατηρείται από τις λιθολογικές τομές, τα πετρώματα που διατρίνονται είναι παράκτιες αποθέσεις όπως οι άμμοι, προσχώσεις πεδιάδων και ερυθρές άργιλοι με ασβεστιτικά συγκρίματα, μάργες και ψαμμίτης χαλαζιακής σύστασης. Στη βάση τους επικρατούν κροκαλοπαγή.
- Τα πιεζομετρικά διαγράμματα των γεωτρήσεων έδειξαν ότι η στάθμη ηρεμίας μεταβάλλεται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τα κατακρημνίσματα, ενώ η δυναμική στάθμη κυμαίνεται ανάλογα με τις υδρευτικές ή αρδευτικές ανάγκες της κάθε περιόδου.

- Τα αποτελέσματα των χημικών μετρήσεων του νερού στην γεώτρηση Σ01N έδειξαν ότι στα βάθη όπου υπήρχαν αργιλικά πετρώματα, τα χλωριούχα ιόντα είχαν αυξημένη τιμή που έφτασε τα 1300 mg/lit, πολύ πάνω απ' το όριο και στα ίδια βάθη έχει η αγωγιμότητα υψηλή τιμή που έφτασε τα 5200μS/cm.
- Στην γεώτρηση Σ07N η τιμή της αγωγιμότητας και των χλωριούχων ιόντων είναι μέσα στα όρια με 570 μS/cm και 46 mg/lit αντίστοιχα επομένως είναι κατάλληλο για πόση.
- Στη γεώτρηση Σ08Α οι τιμές της αγωγιμότητας, των ιόντων χλωρίου και του σιδήρου είναι μέσα στα όρια, οπότε το νερό είναι κατάλληλο για πόση.
- Στη γεώτρηση Σ08Β οι τιμές είναι μέσα στα όρια, με την αγωγιμότητα να έχει τιμή 570 μS/cm και τα ιόντα χλωρίου να έχουν τιμή 66mg/lit, οπότε το νερό είναι κατάλληλο για πόση.
- Το νερό στη γεώτρηση Σ10Α δεν είναι κατάλληλο για πόση, αφού η τιμή των χλωριούχων είναι πάνω από το όριο κατά 128 mg/lit.
- Οι τιμές των παραμέτρων του πόσιμου νερού στην γεώτρηση Σ11N είναι μέσα στα όρια, με την αγωγιμότητα να έχει τιμή 1160 μS/cm, τα χλωριούχα 248 mg/lit και τον σίδηρο 0,06 mg/lit, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νερό για πόση.
- Στη γεώτρηση Σ14 οι τιμές είναι μέσα στα όρια που ορίζει η Ευρωπαϊκή ένωση για τις παραμέτρους του πόσιμου νερού. Η αγωγιμότητα έχει τιμή 1140 μS/cm με όριο τα 2500μS/cm και τα χλωριούχα έχουν τιμή 169 mg/lit με όριο τα 250 mg/lit.
- Η γεώτρηση Σ17 έχει πόσιμο νερό καθώς η αγωγιμότητα και τα χλωριούχα έχουν τιμές 1000 μS/cm και 168mg/lit, αντίστοιχα, οι οποίες είναι μέσα στα όρια.
- Το νερό στη γεώτρηση Σ28 έχει αγωγιμότητα 960μS/cm και χλωριούχα ιόντα 144 mg/lit. Επομένως, οι τιμές είναι μέσα στα όρια και το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόση.
- Στην γεώτρηση Σ32 η αγωγιμότητα φτάνει την τιμή 2350 μS/cm και τα χλωριούχα φτάνουν την τιμή 662 mg/lit. Επομένως, το νερό δεν είναι κατάλληλο για πόση, αφού τα χλωριούχα ξεπερνάν το όριο των 250 mg/lit.

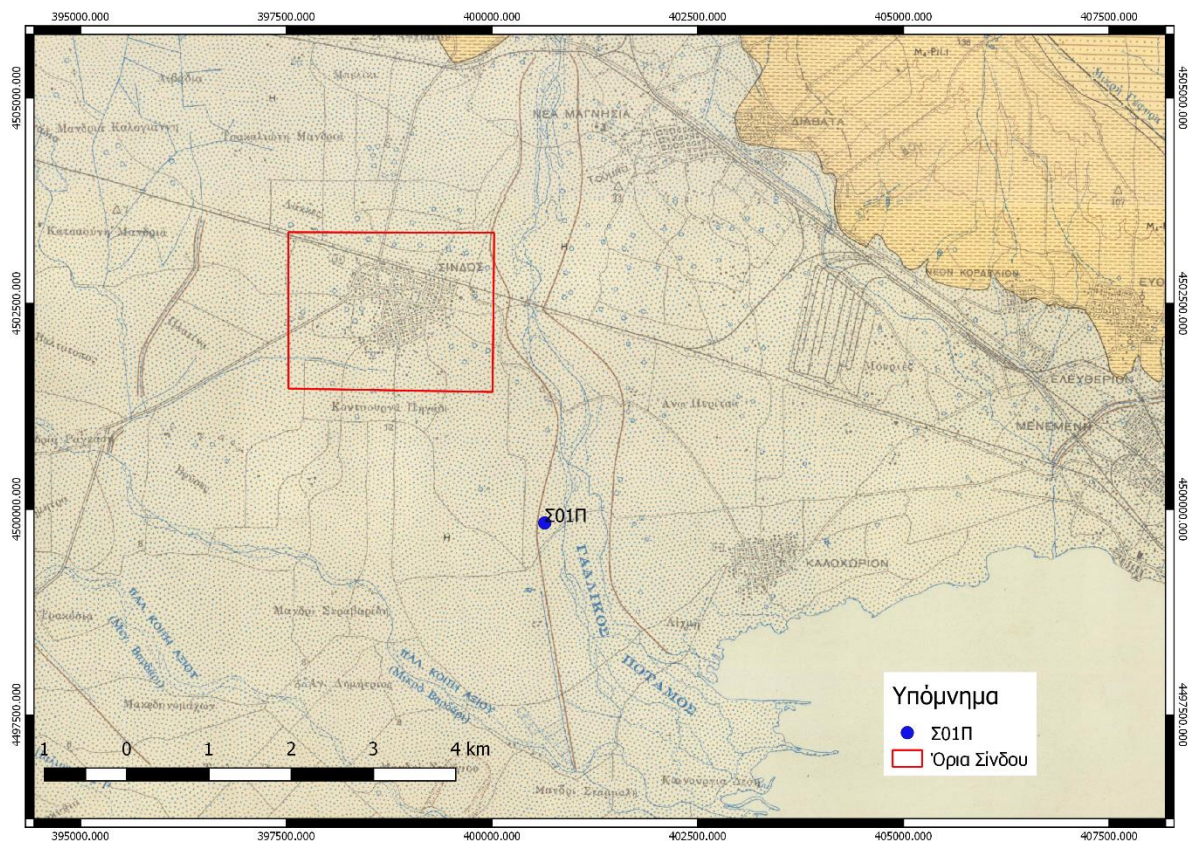
Κλείνοντας, θα ήθελα να προτείνω την εξέλιξη αυτής της εργασίας με την τρισδιάστατη απεικόνιση των δέκα αυτών χαρακτηριστικών γεωτρήσεων, ώστε να δοθεί η



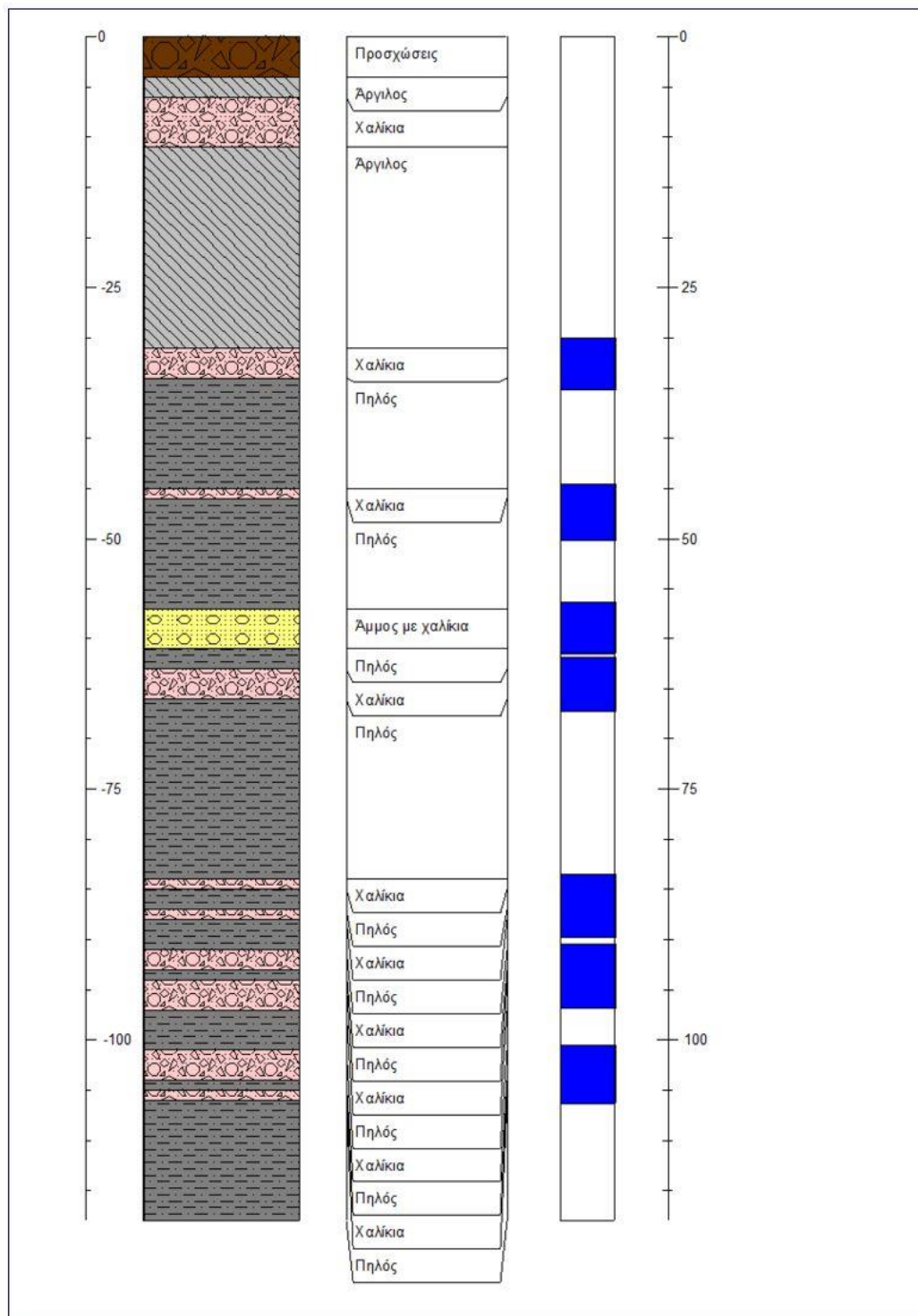
ολοκληρωμένη εικόνα του υδροφορέα και να γίνει συσχέτιση του υπεδάφους της περιοχής της Σίνδου.

6 Παράρτημα

6.1 Γεώτρηση Σ01Π

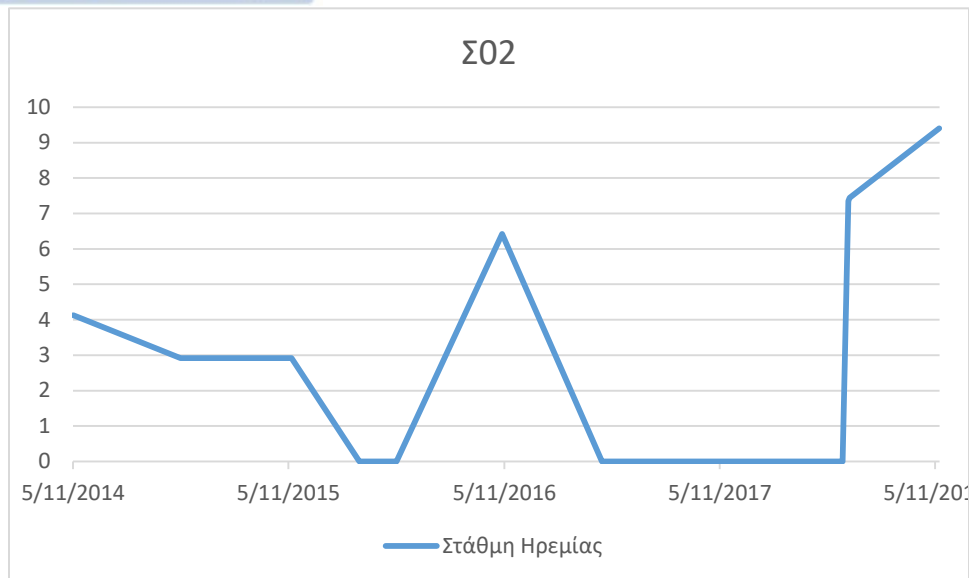


Σχήμα 6.1.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ01Π

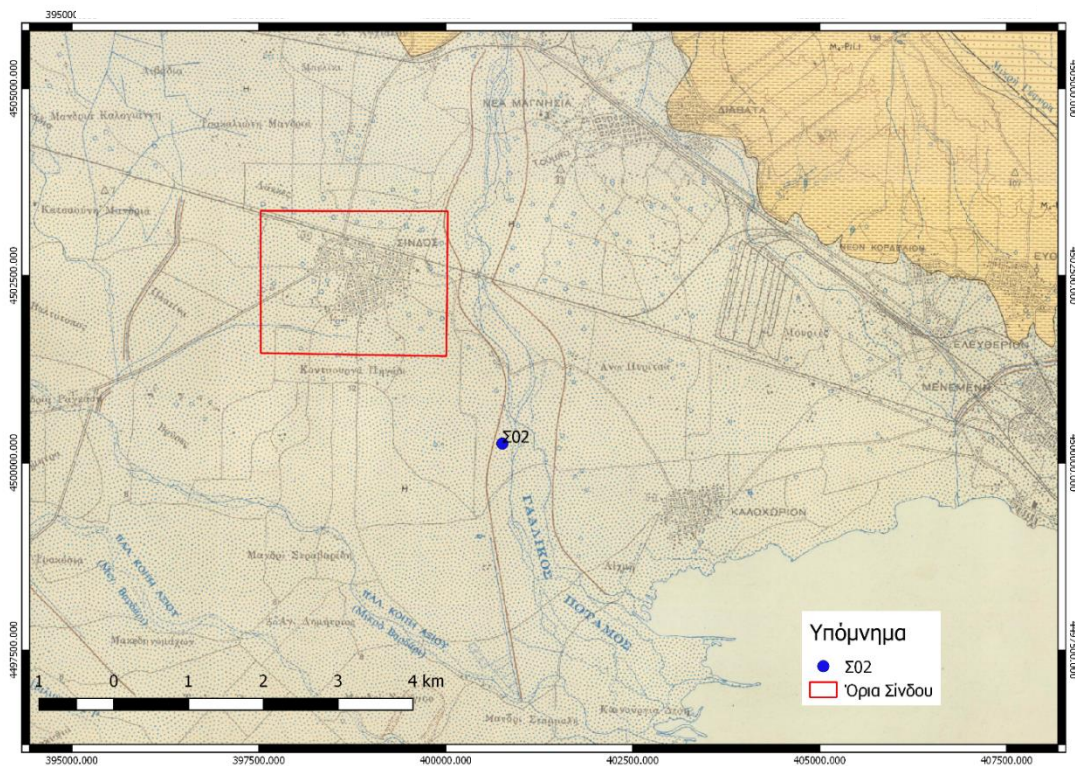


Σχήμα 6.1.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ01Π

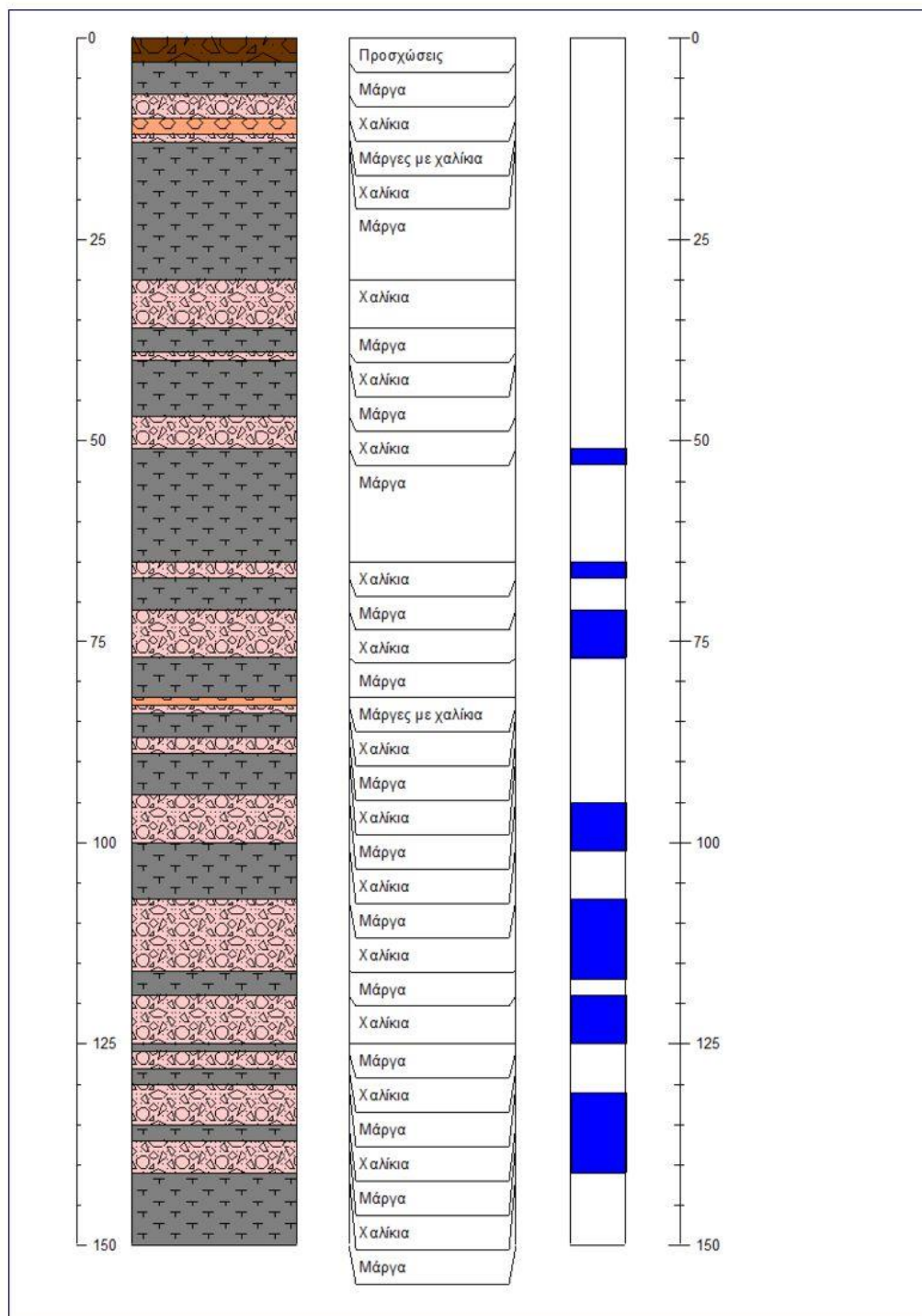
6.2 Γεώτρηση Σ02



Σχήμα 6.2.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

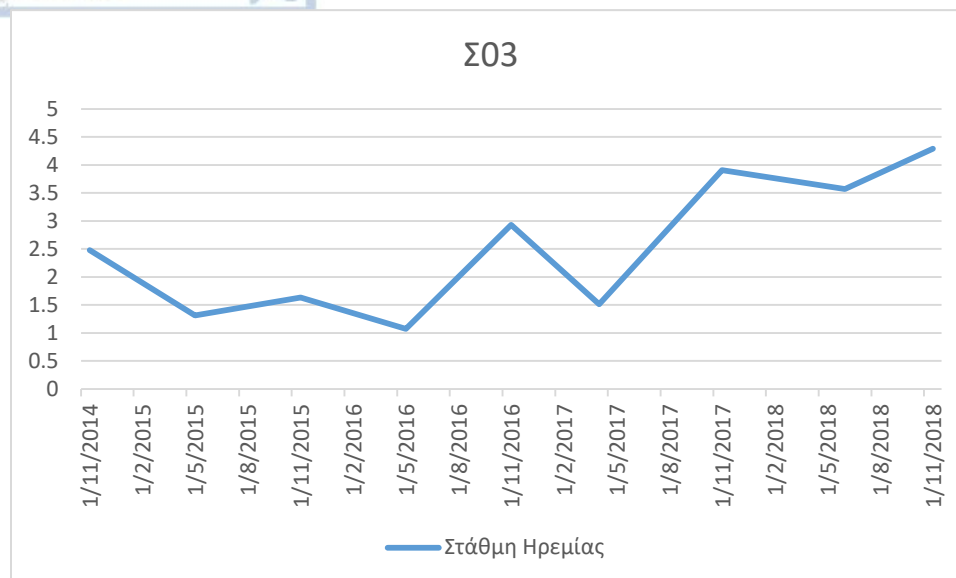


Σχήμα 6.2.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ02

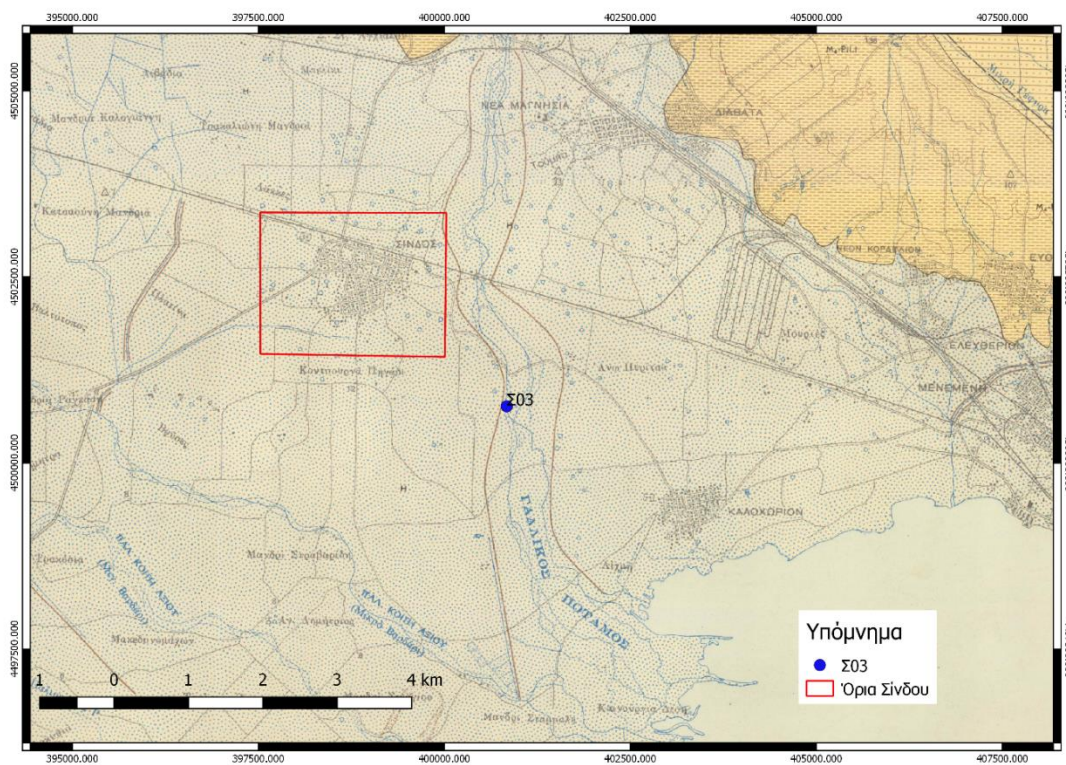


Σχήμα 6.2.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ02

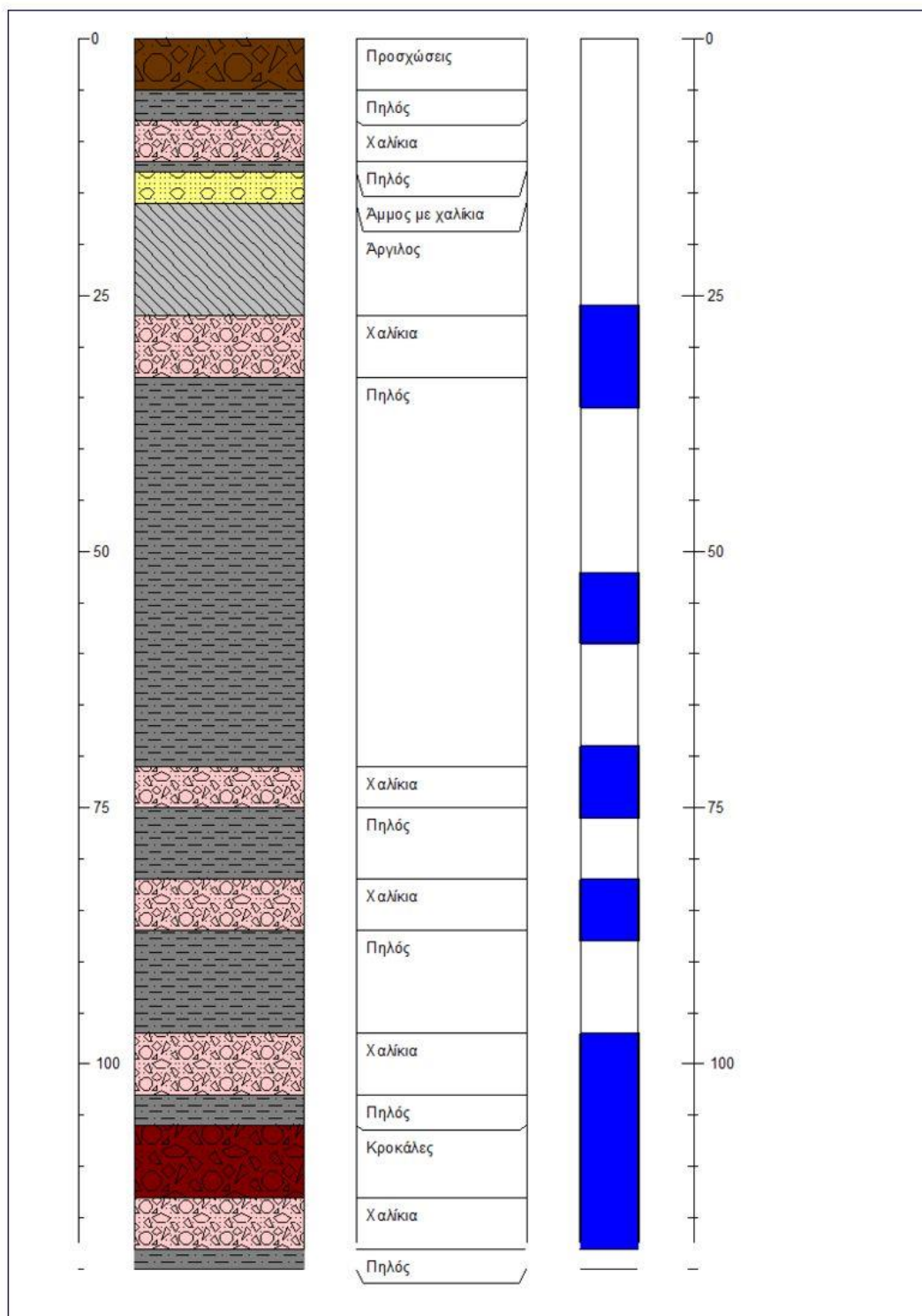
6.3 Γεώτρηση Σ03



Σχήμα 6.3.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

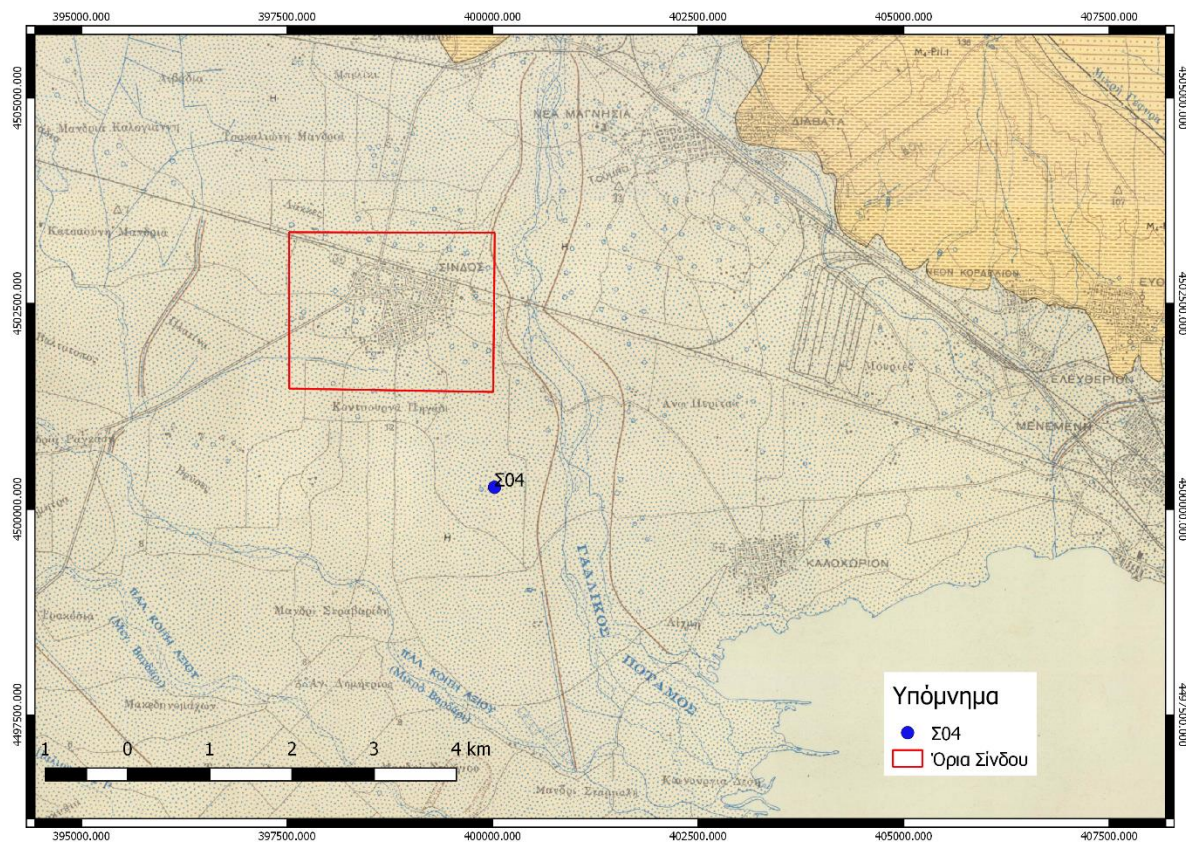


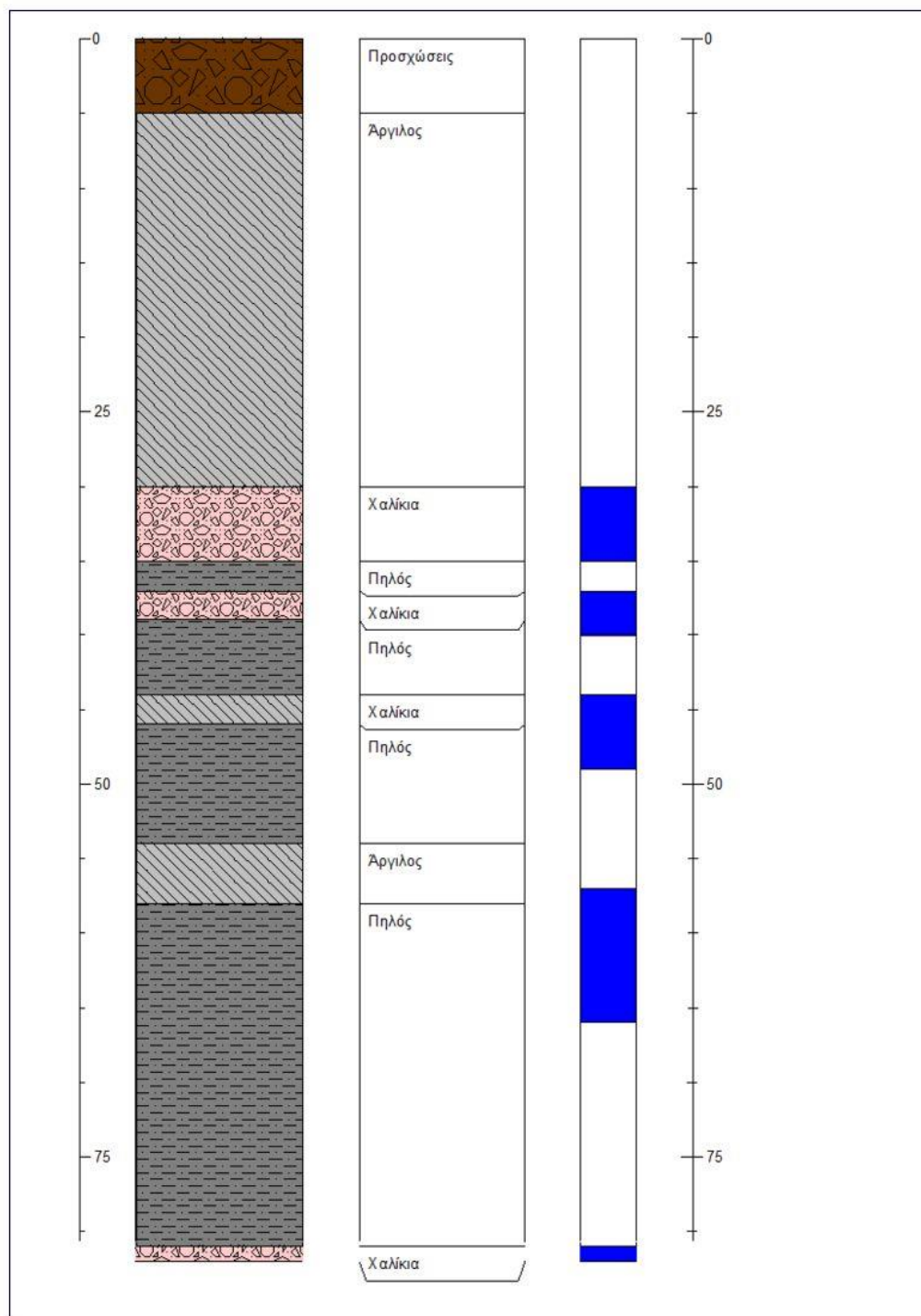
Σχήμα 6.3.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ03



Σχήμα 6.3.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ03

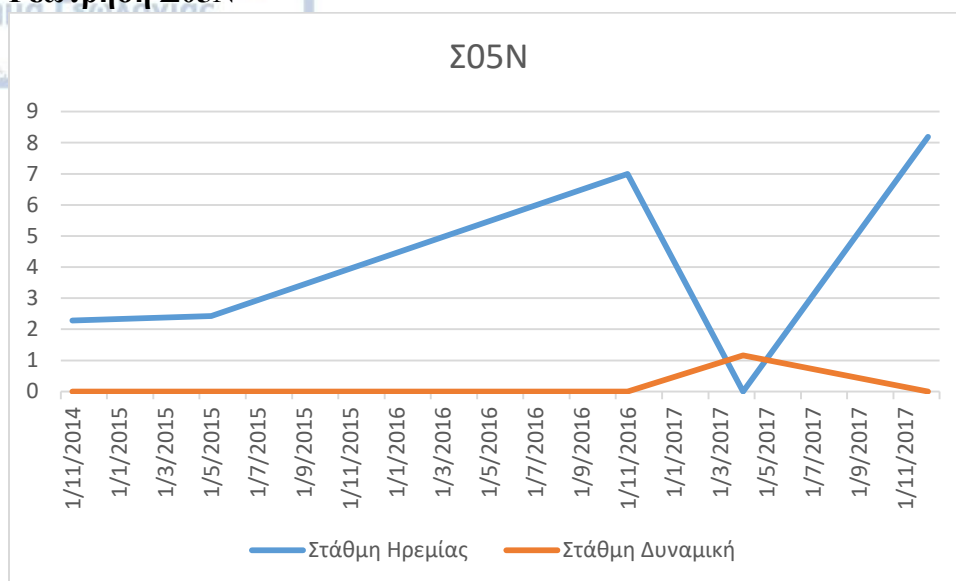
6.4 Γεώτρηση Σ04



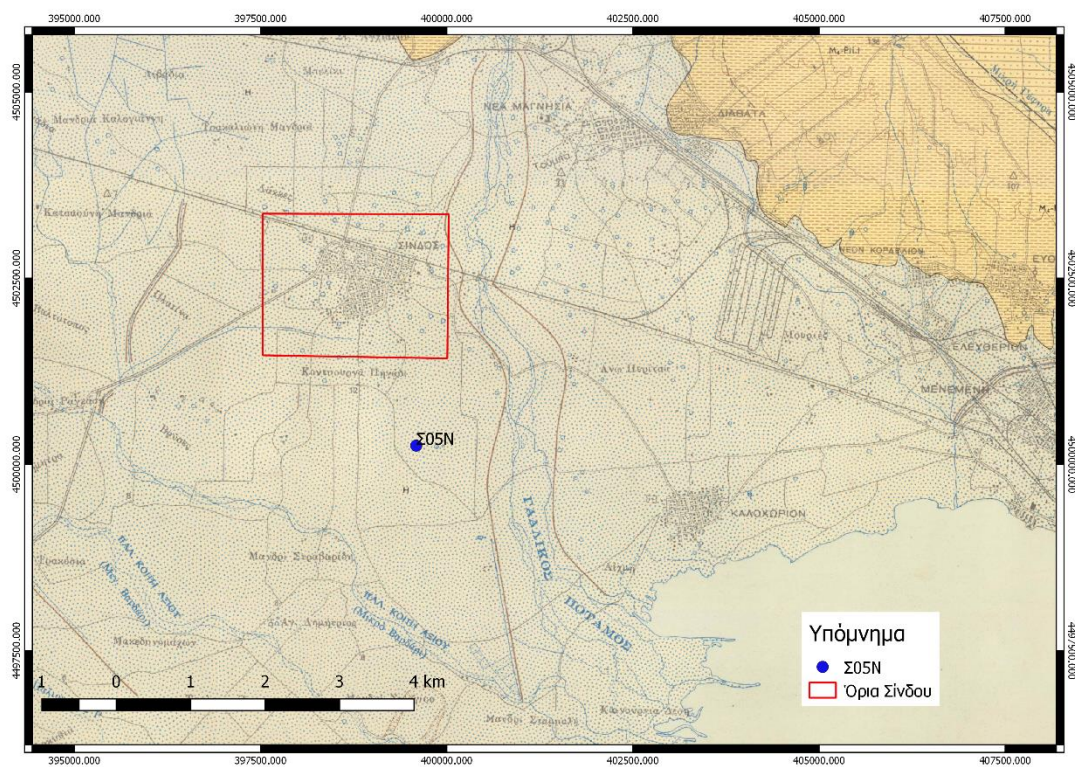


Σχήμα 6.4.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ04

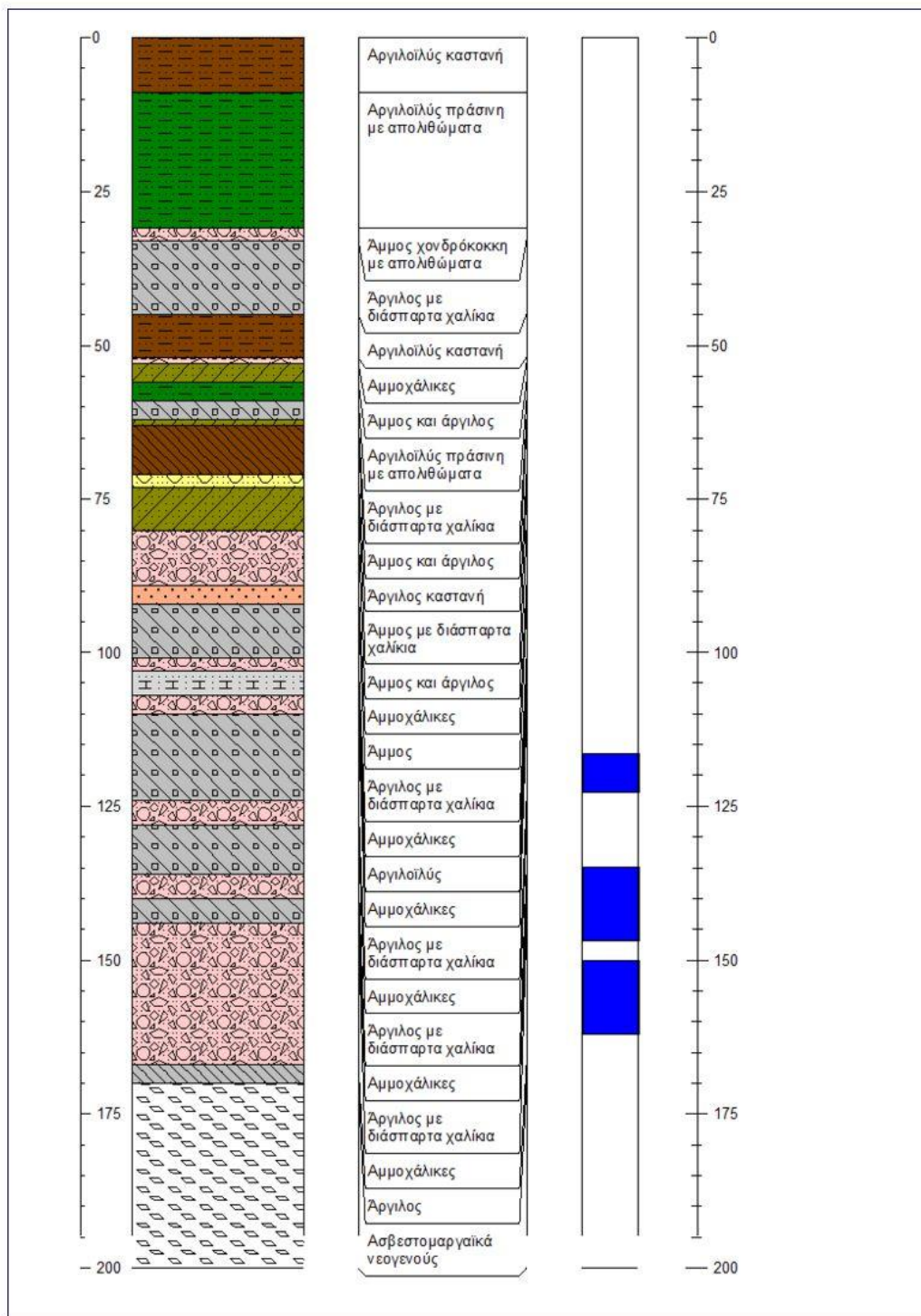
6.5 Γεώτρηση Σ05N



Σχήμα 6.5.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας και δυναμικής στάθμης.

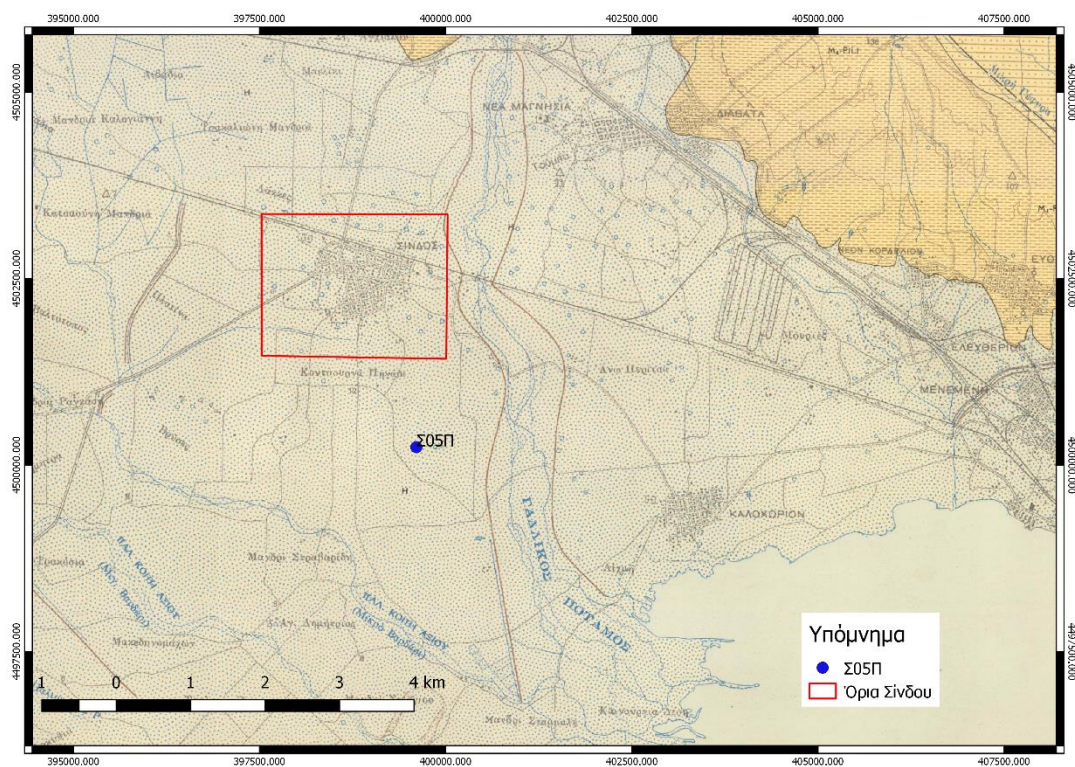


Σχήμα 6.5.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ05N

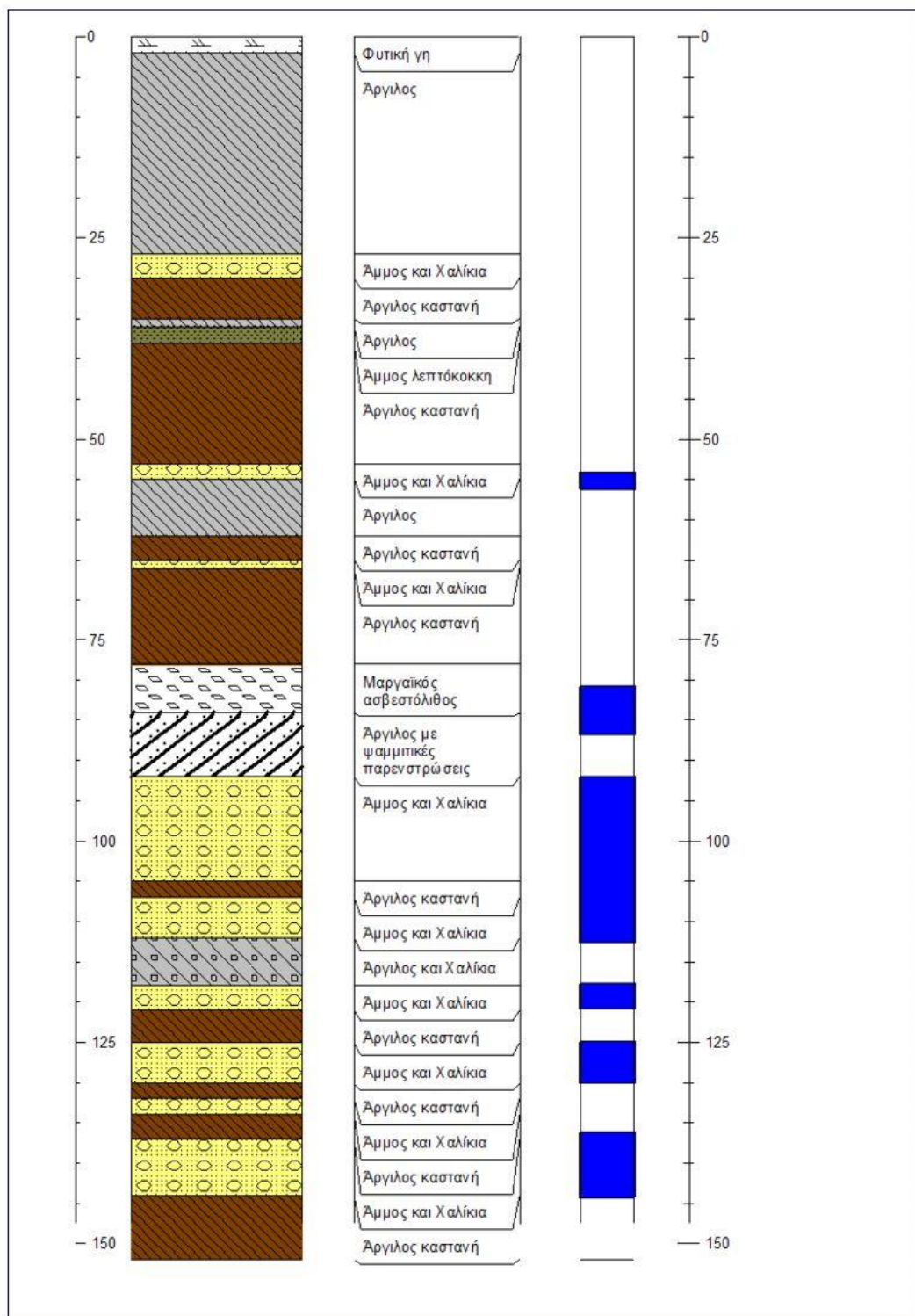


Σχήμα 6.5.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ05N

6.6 Γεώτρηση Σ05Π

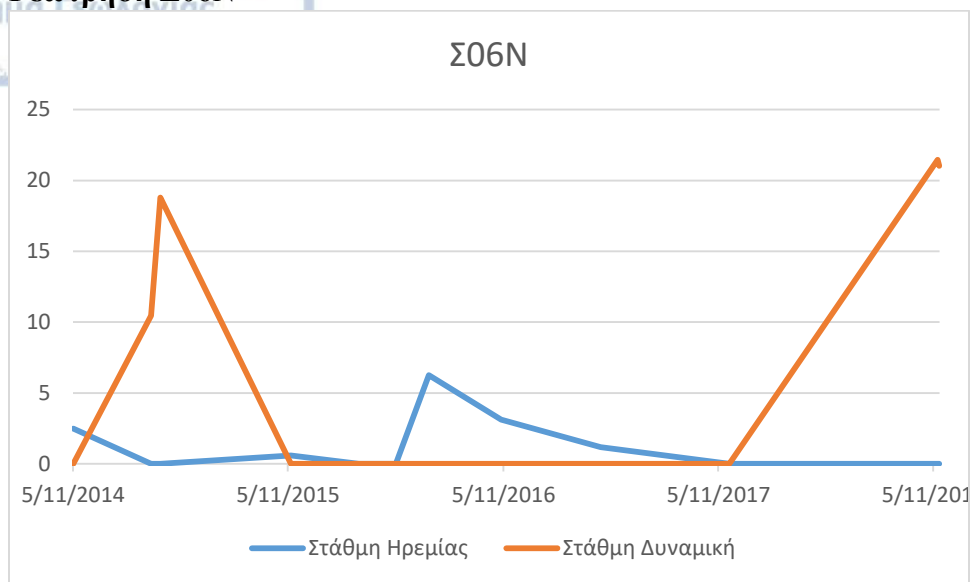


Σχήμα 6.6.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ05Π

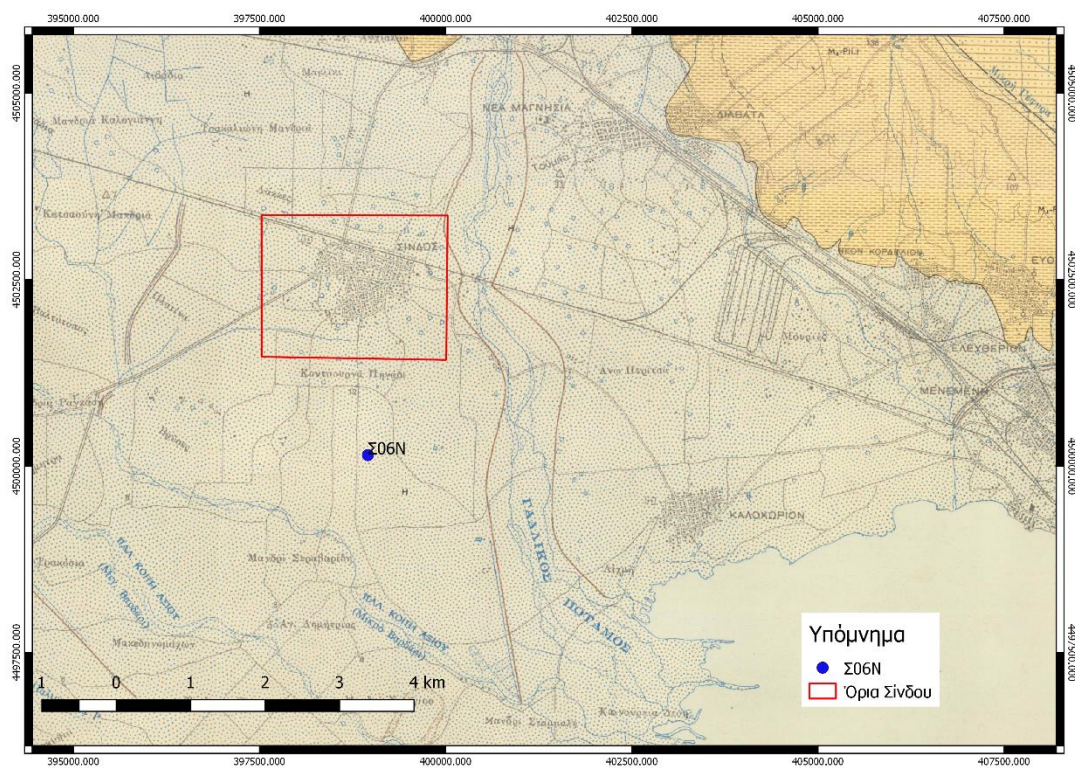


Σχήμα 6.6.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ05Π

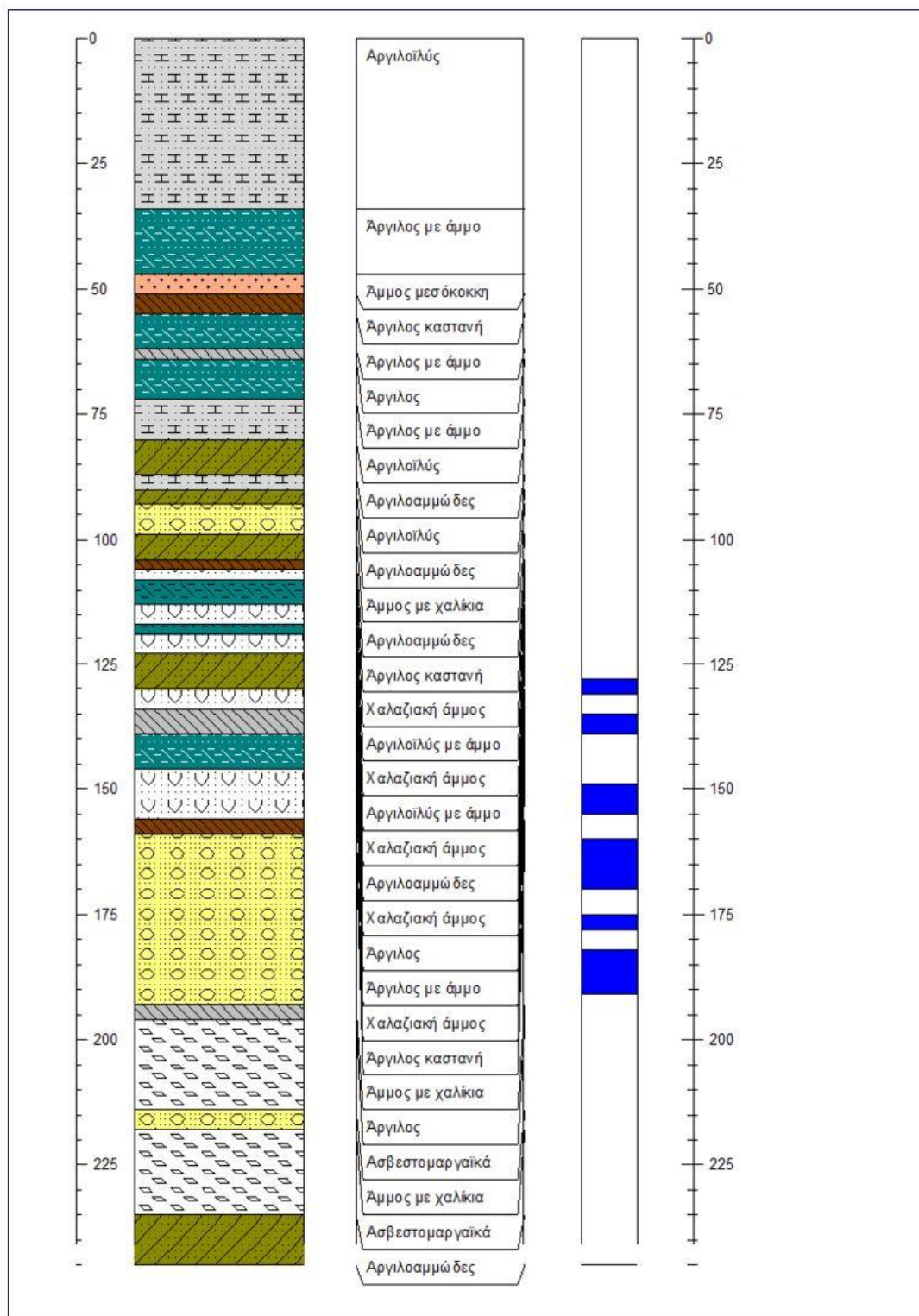
6.7 Γεώτρηση Σ06N



Σχήμα 6.7.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας και δυναμικής στάθμης.

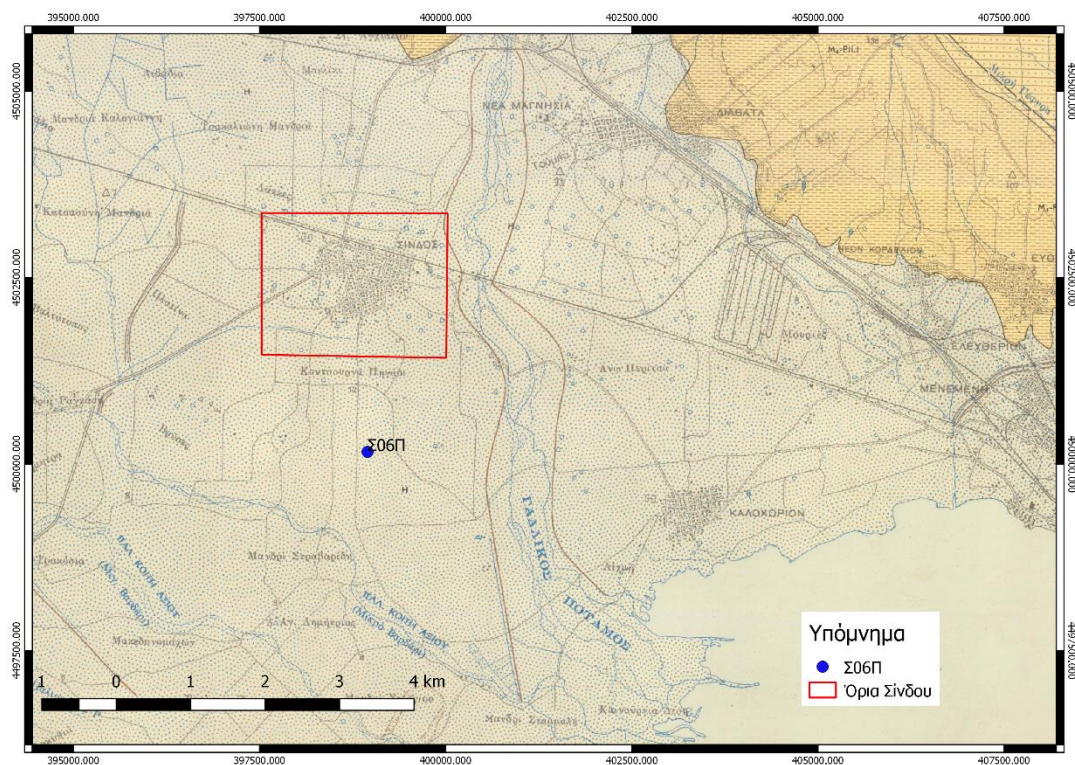


Σχήμα 6.7.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ06N

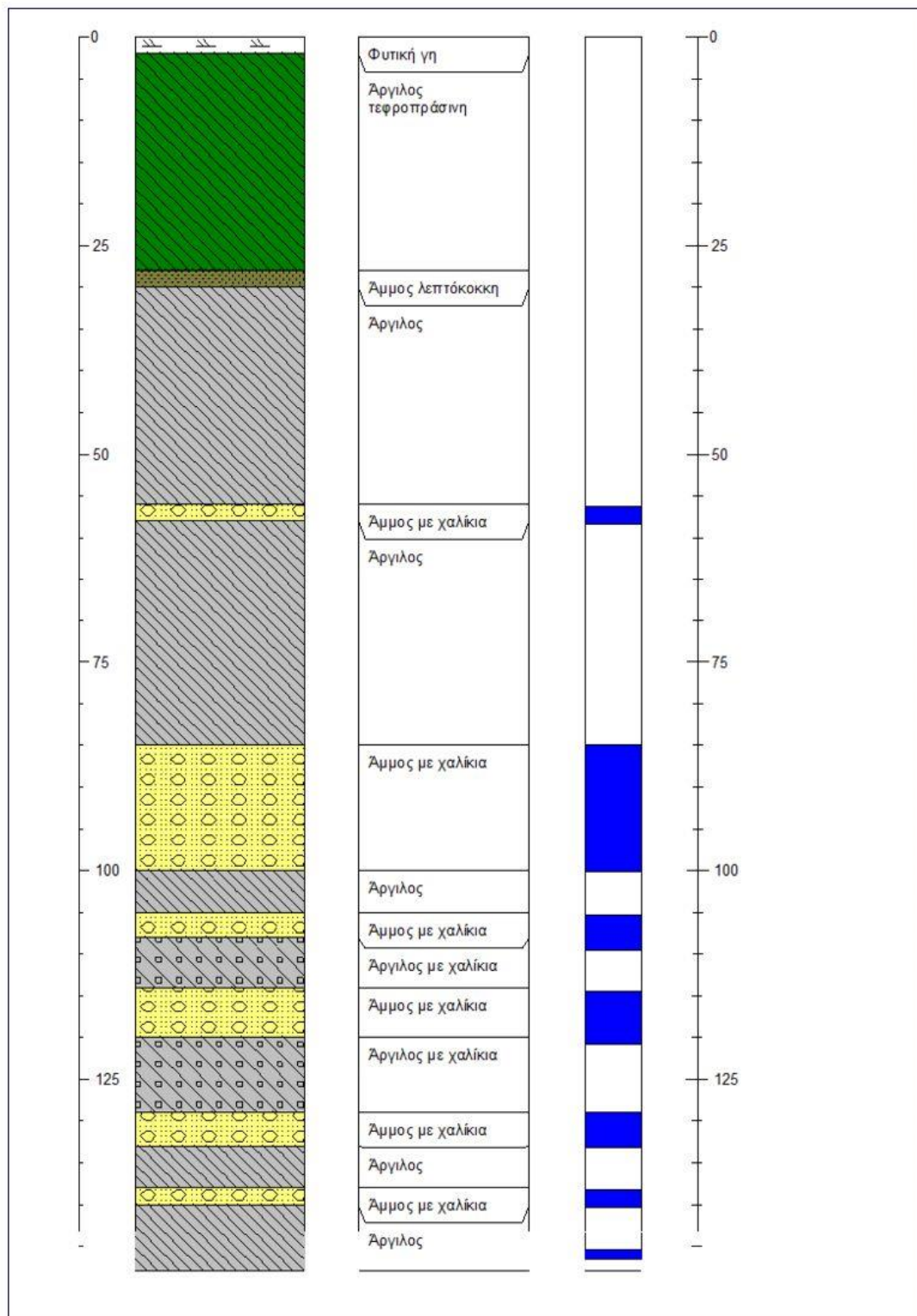


Σχήμα 6.7.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ06N

6.8 Γεώτρηση Σ06Π

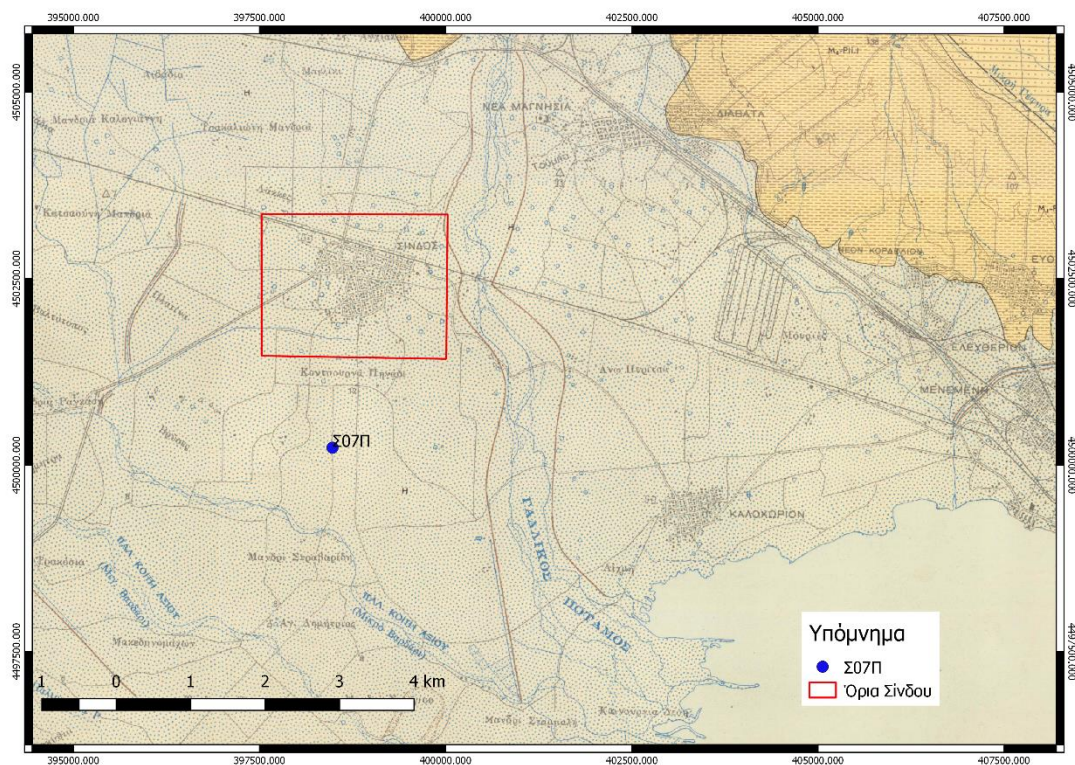


Σχήμα 6.8.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ06Π

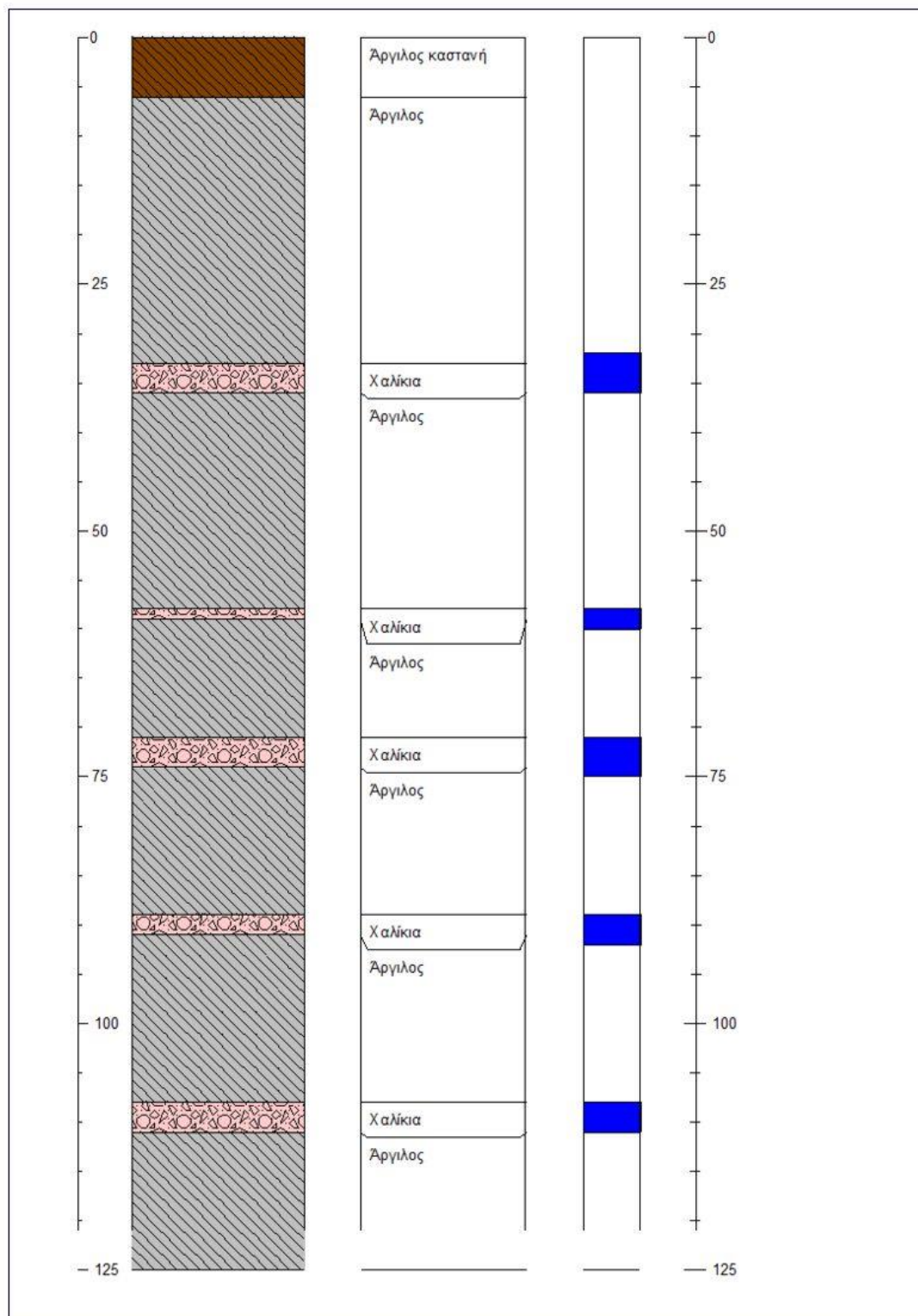


Σχήμα 6.8.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ06Π

6.9 Γεώτρηση Σ07Π

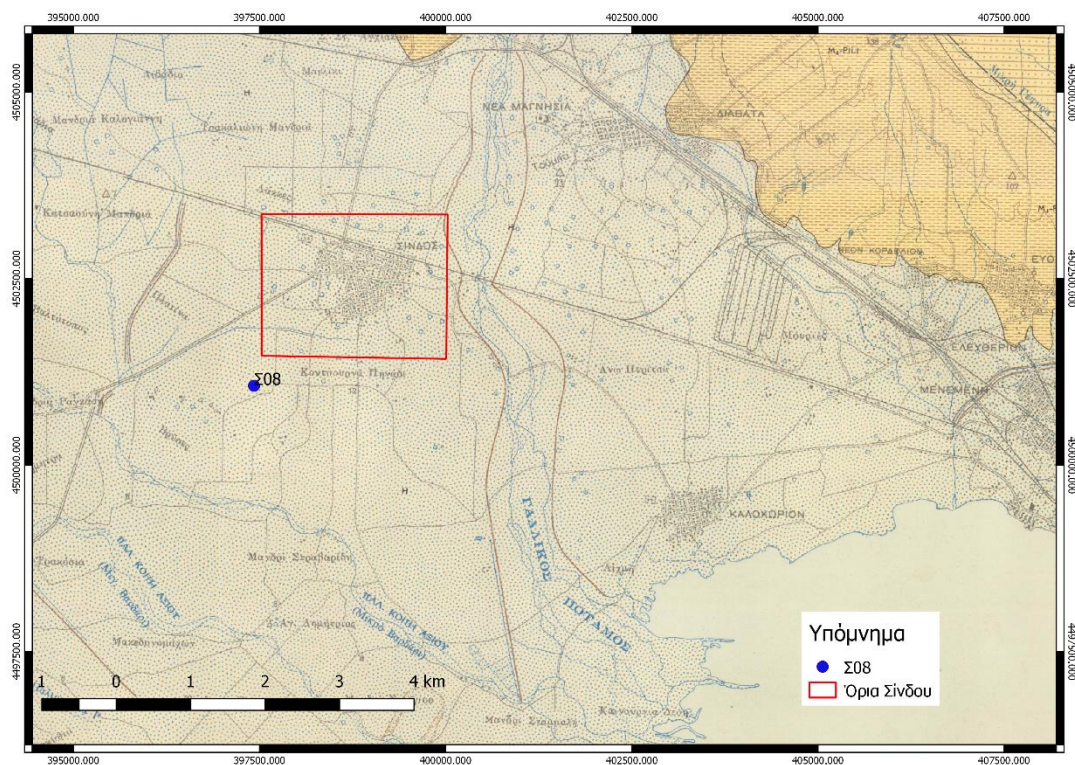


Σχήμα 6.9.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ07Π

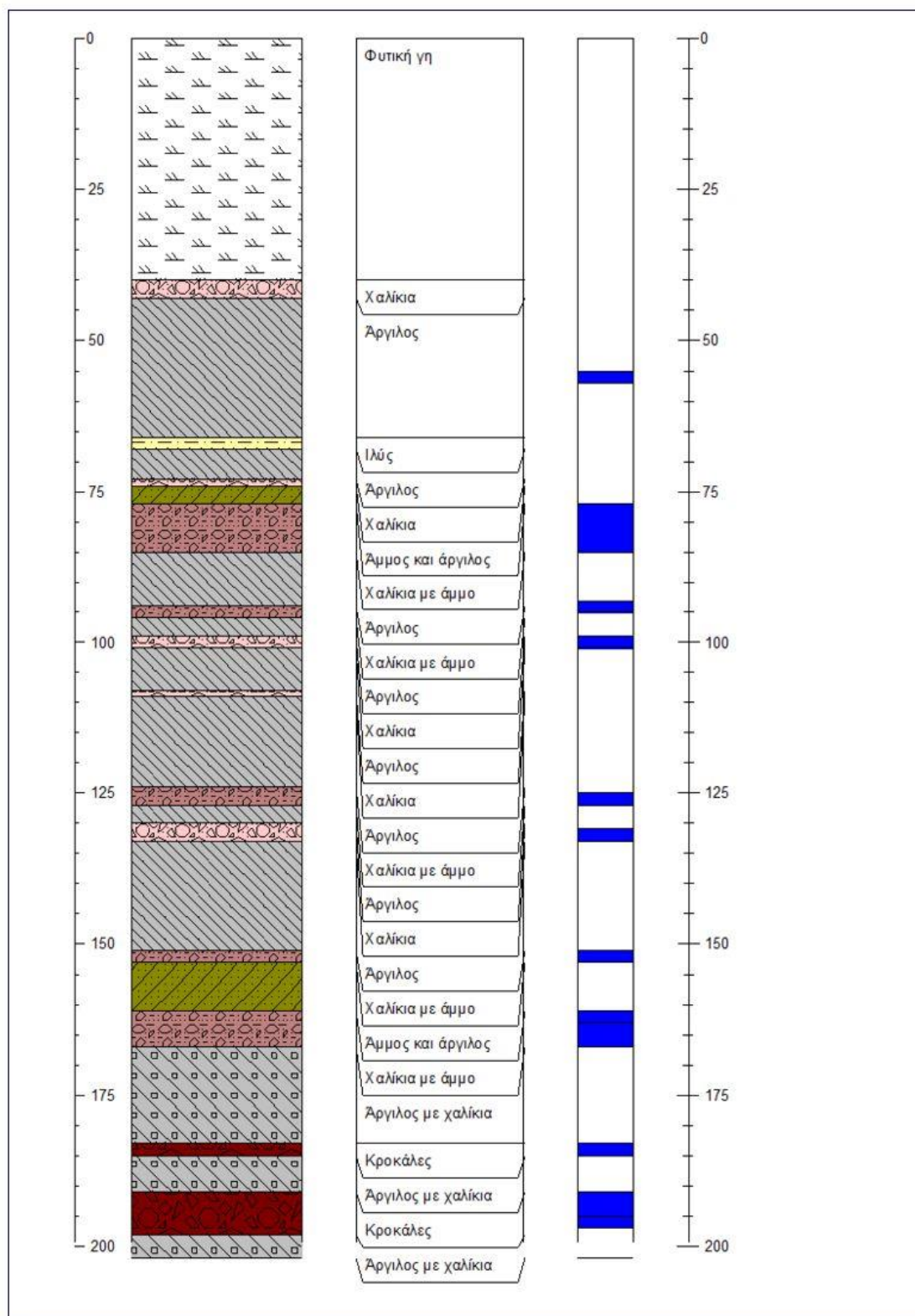


Σχήμα 6.9.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ07Π

6.10 Γεώτρηση Σ08

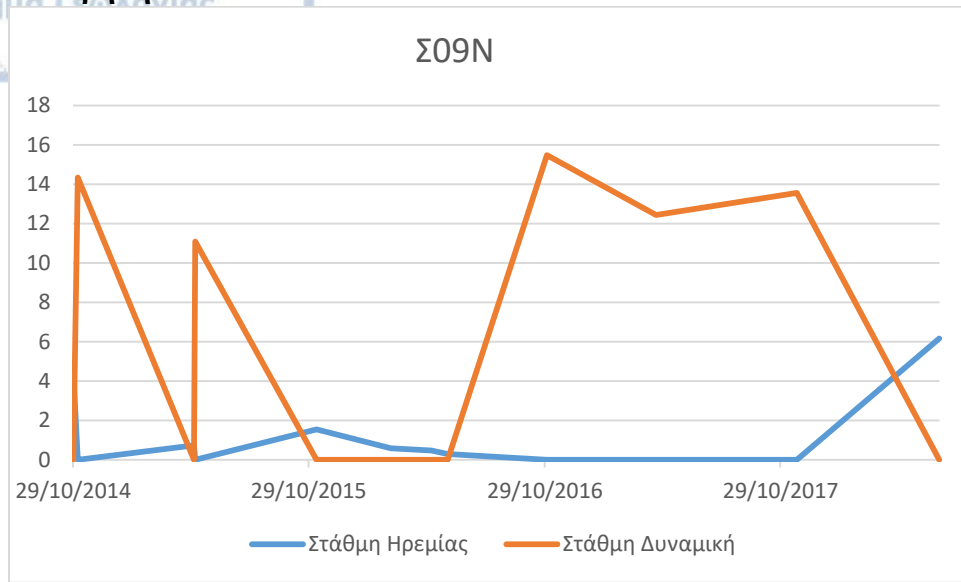


Σχήμα 6.10.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ08

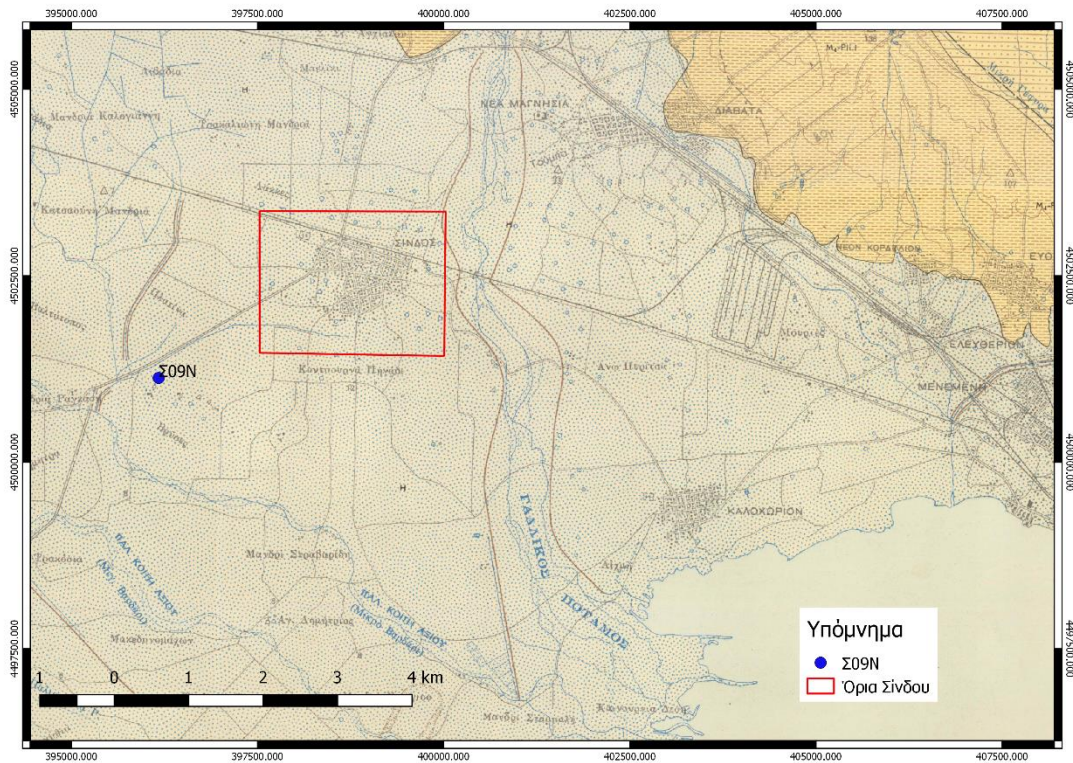


Σχήμα 6.10.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ07Π

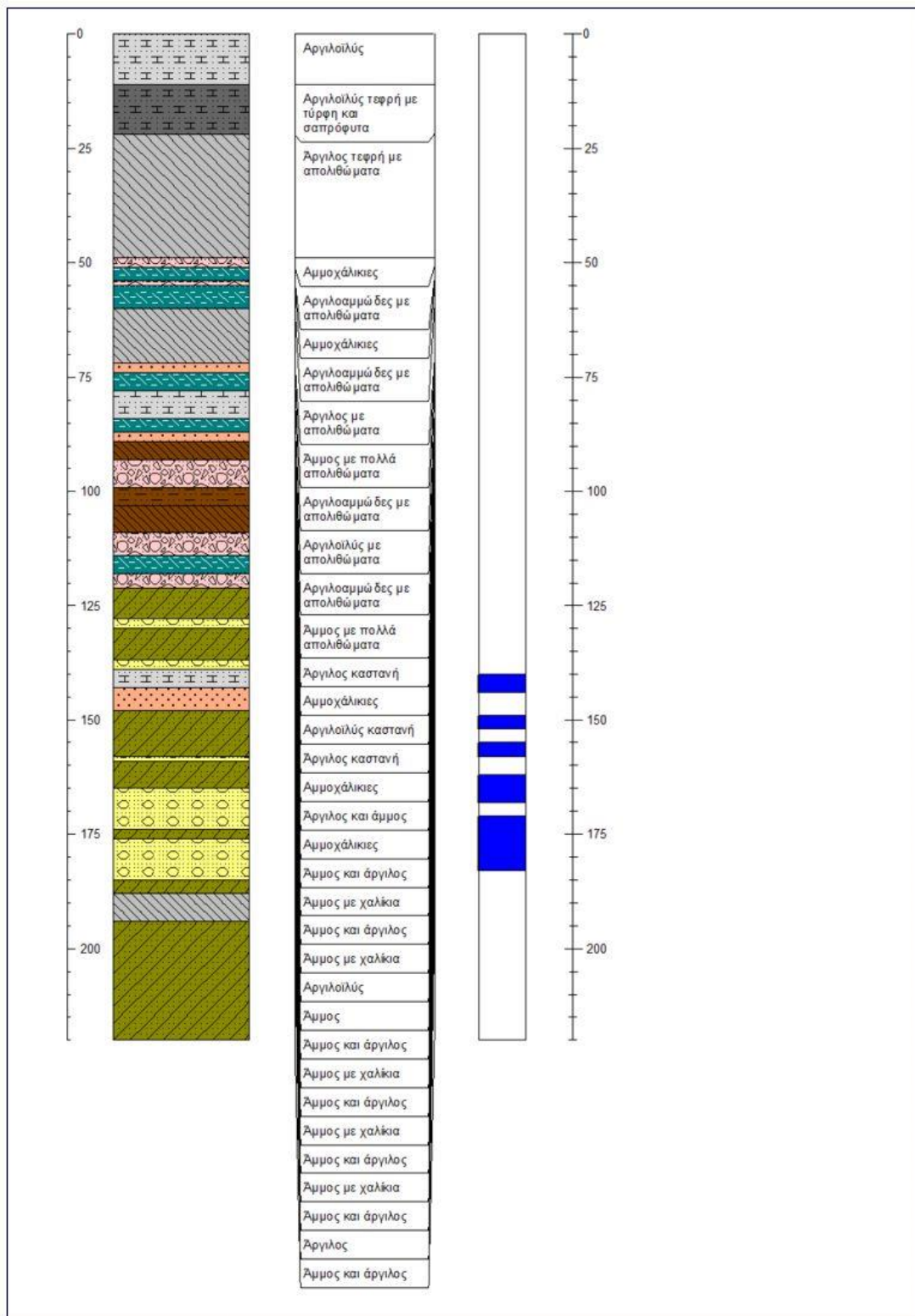
6.11 Γεώτρηση Σ09N



Σχήμα 6.11.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας και δυναμικής στάθμης.

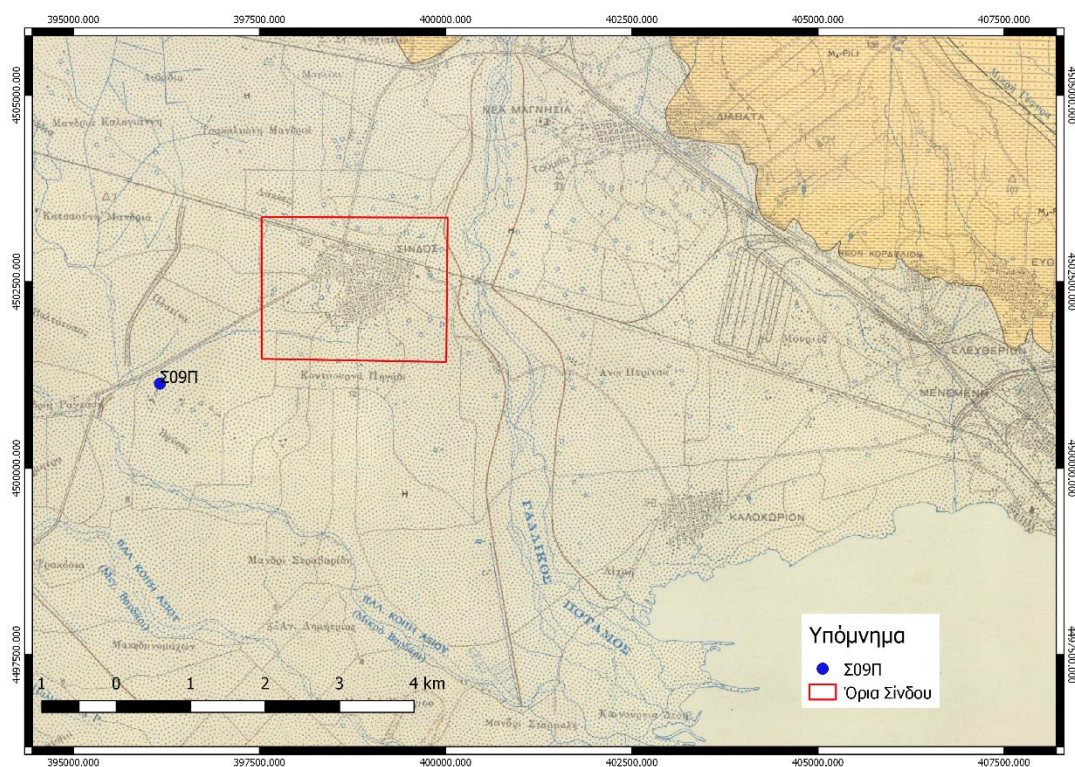


Σχήμα 6.11.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ09N

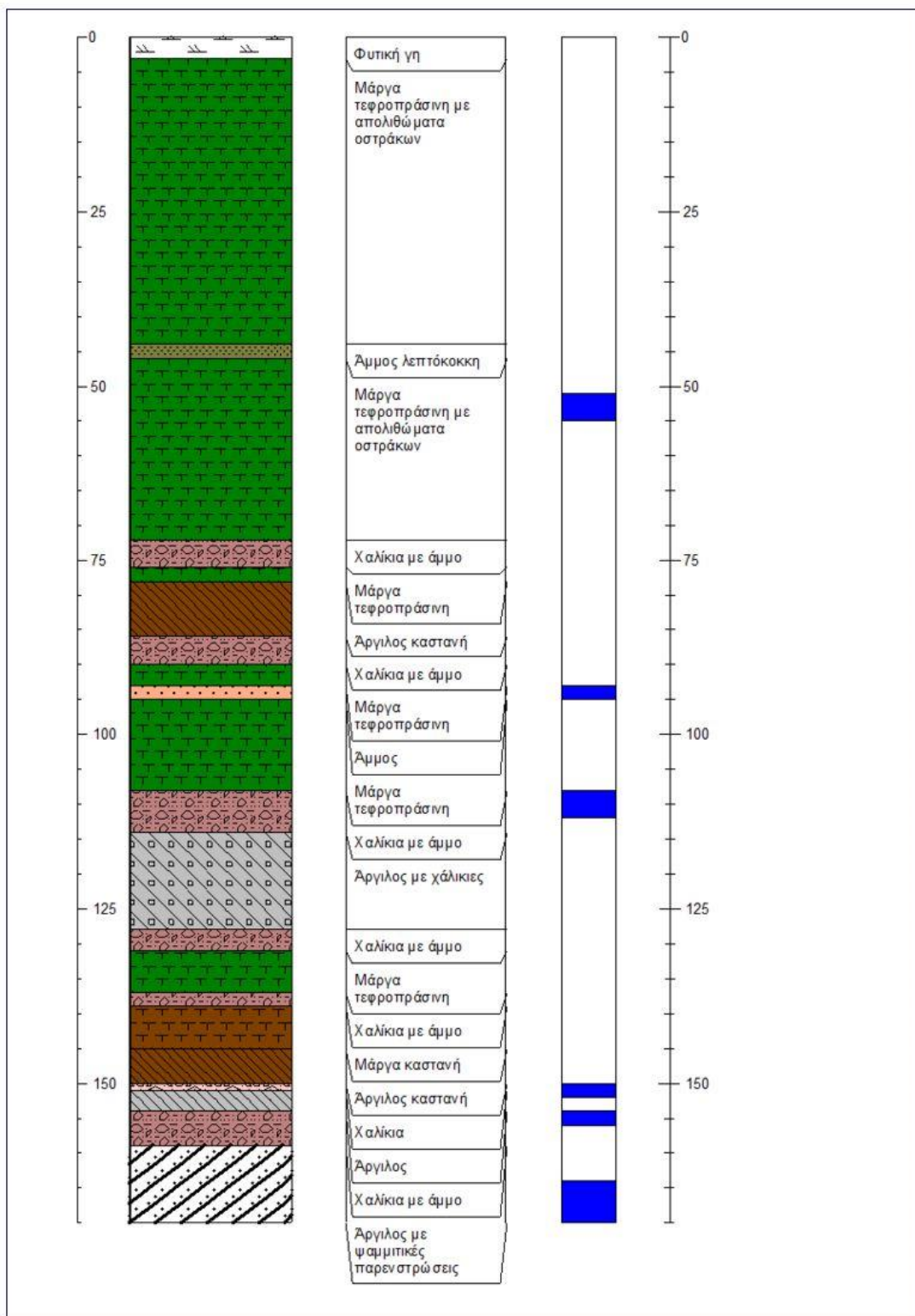


Σχήμα 6.11.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ09N

6.12 Γεώτρηση Σ09Π

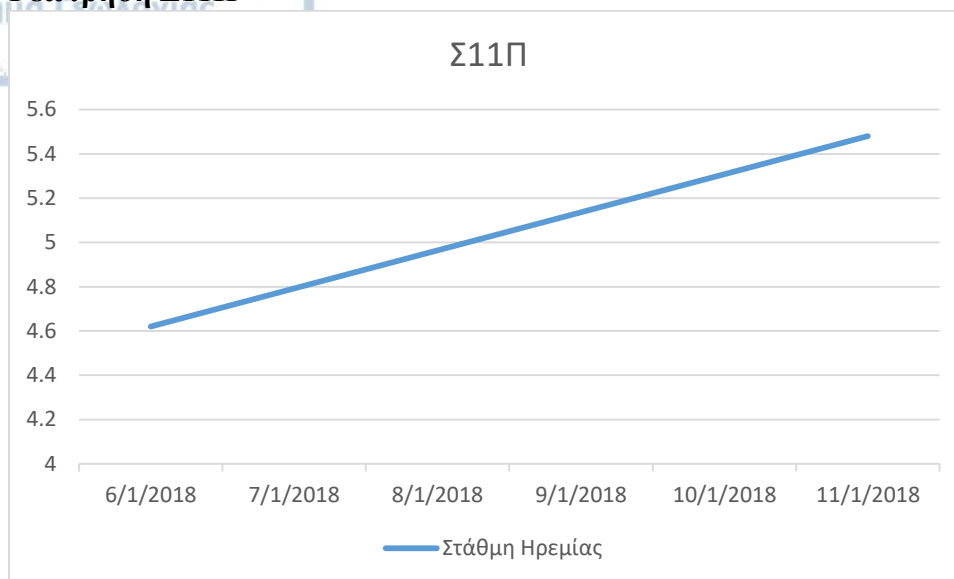


Σχήμα 6.12.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ09Π

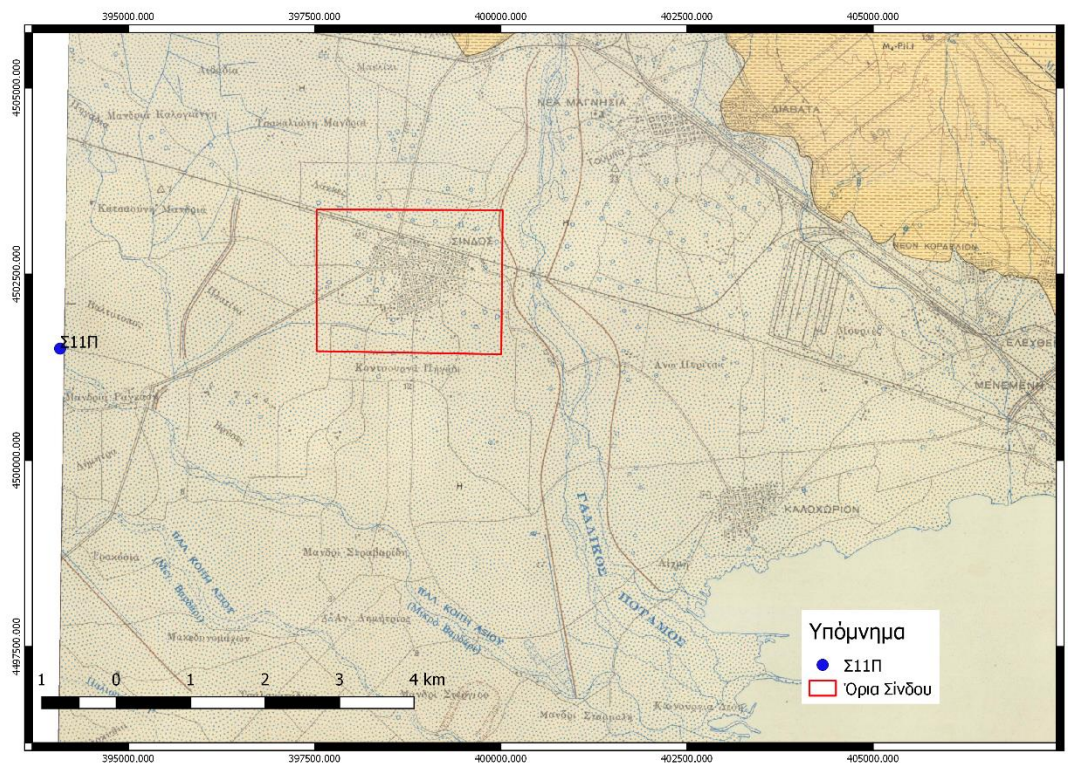


Σχήμα 6.12.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσολήνας γεώτρησης Σ09Π

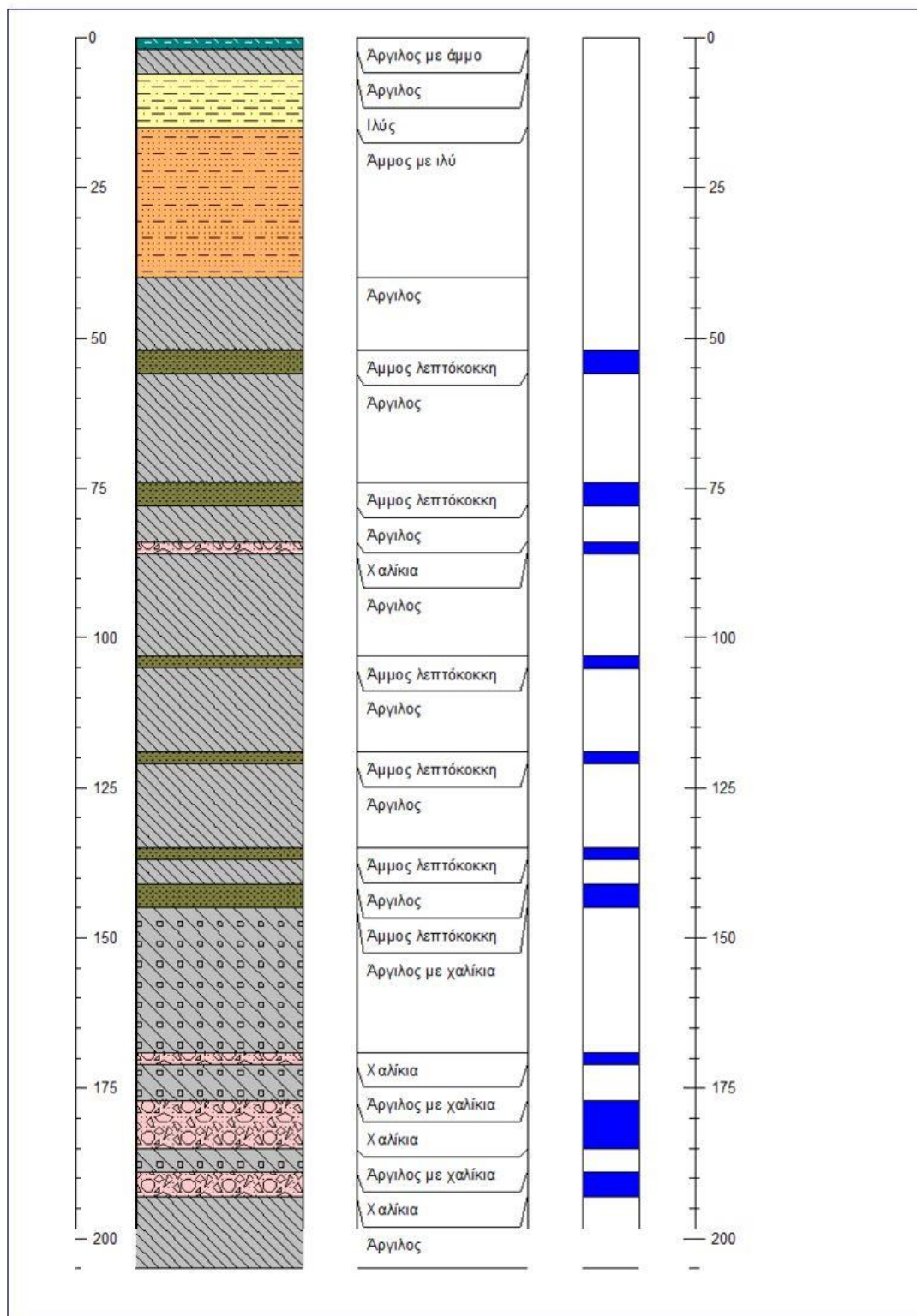
6.13 Γεώτρηση Σ11Π



Σχήμα 6.13.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

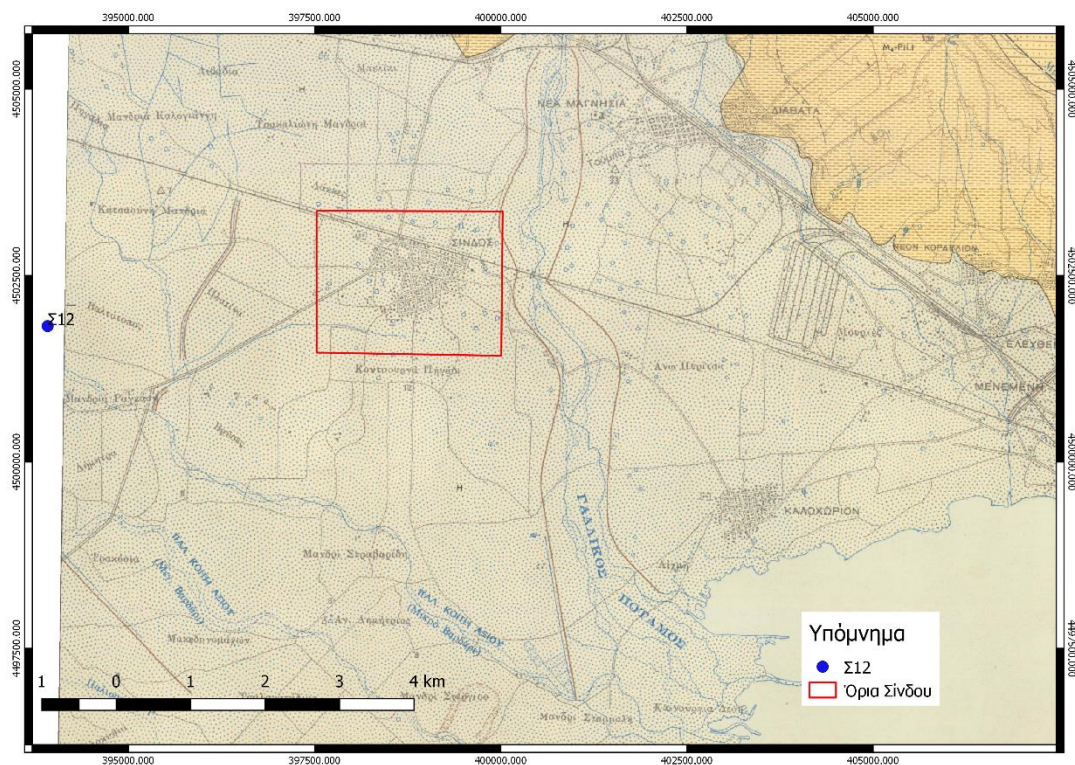


Σχήμα 6.13.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ11Π

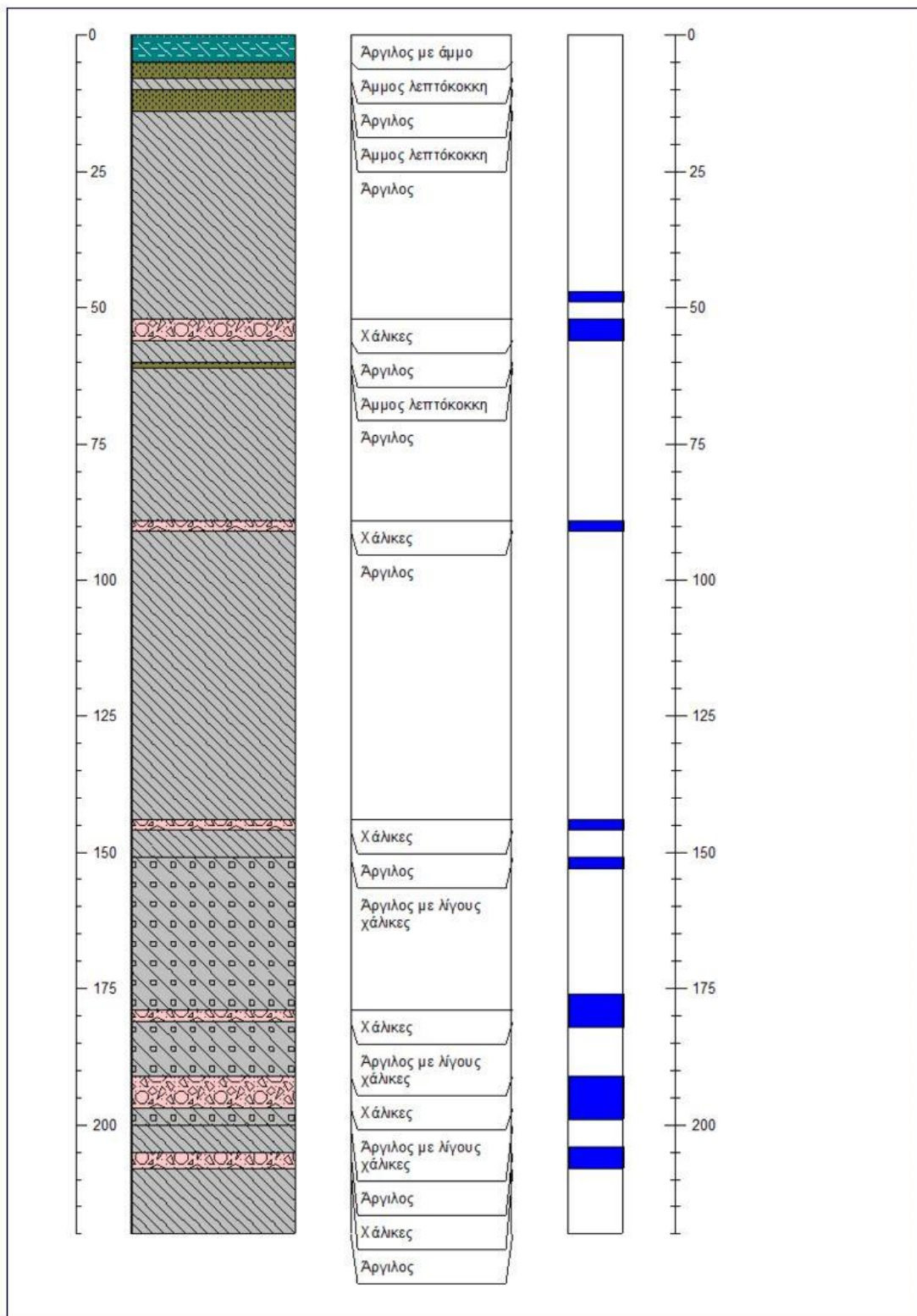


Σχήμα 6.13.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ11Π

6.14 Γεώτρηση Σ12

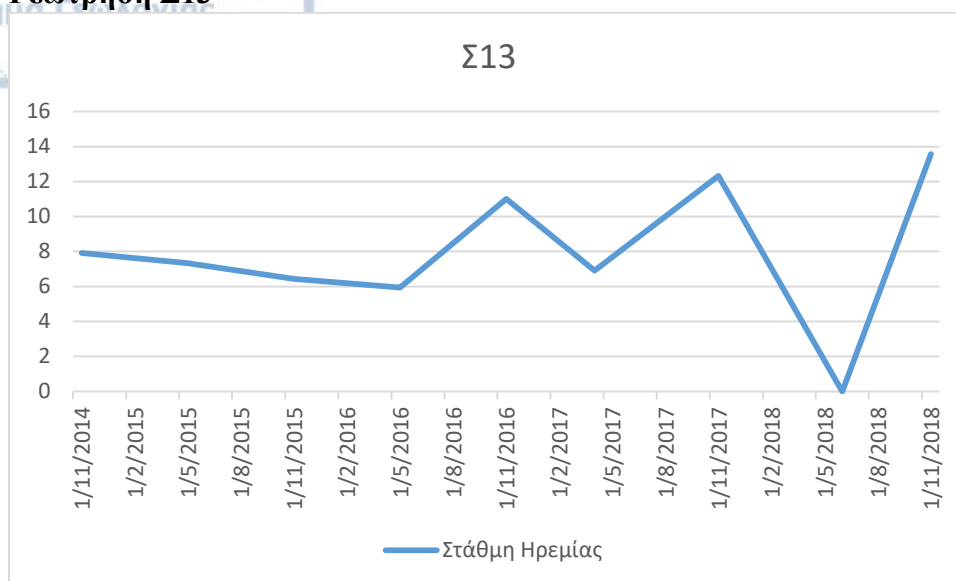


Σχήμα 6.14.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ12

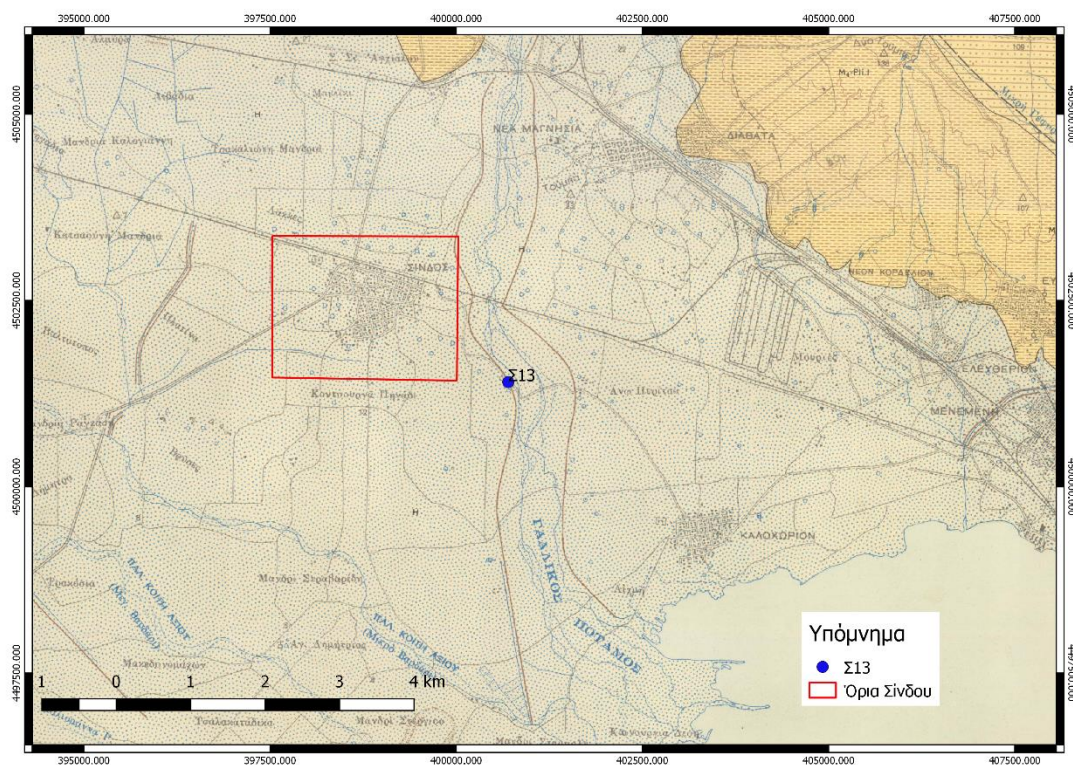


Σχήμα 6.14.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσολήνας γεώτρησης Σ12

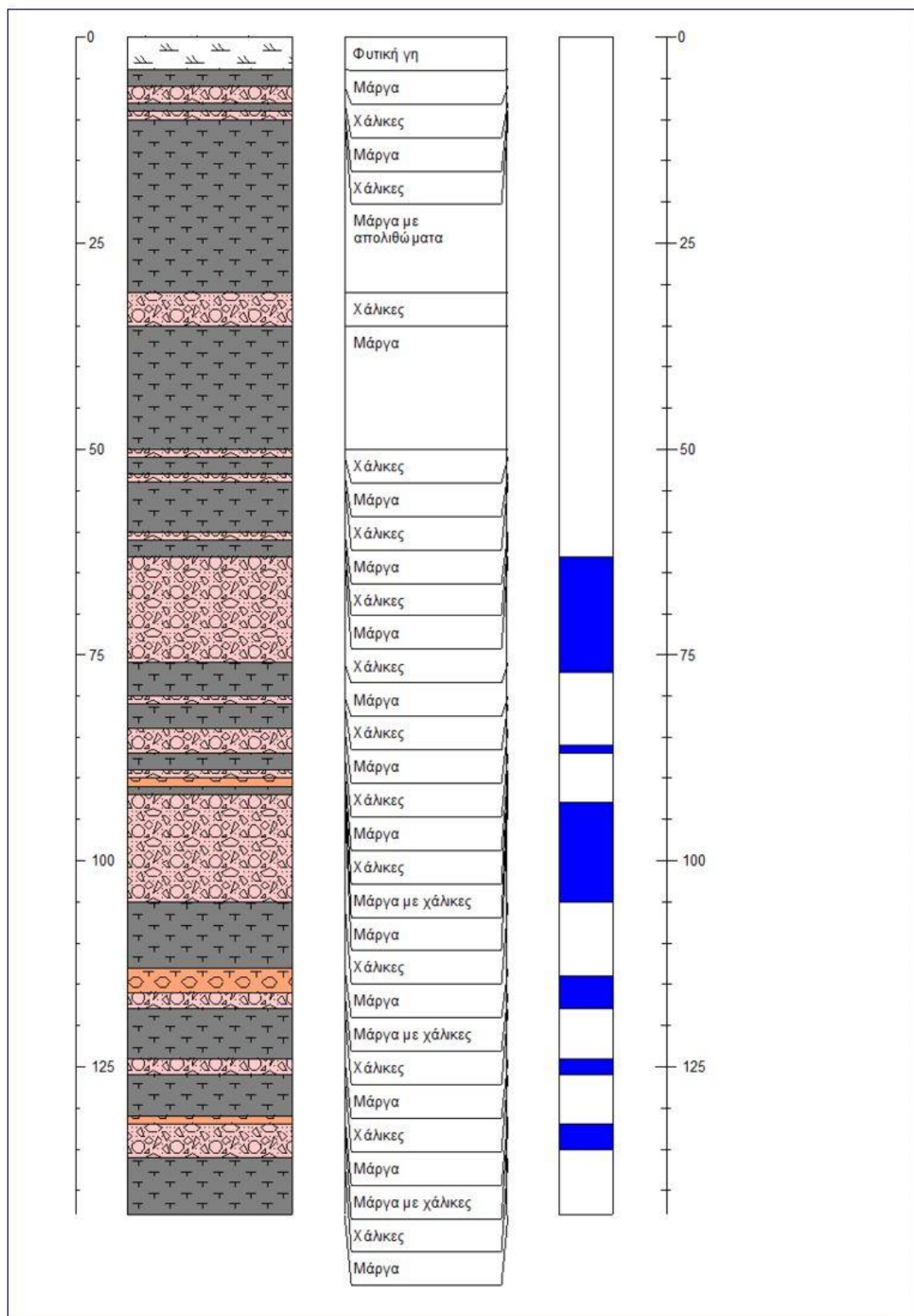
6.15 Γεώτρηση Σ13



Σχήμα 6.15.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

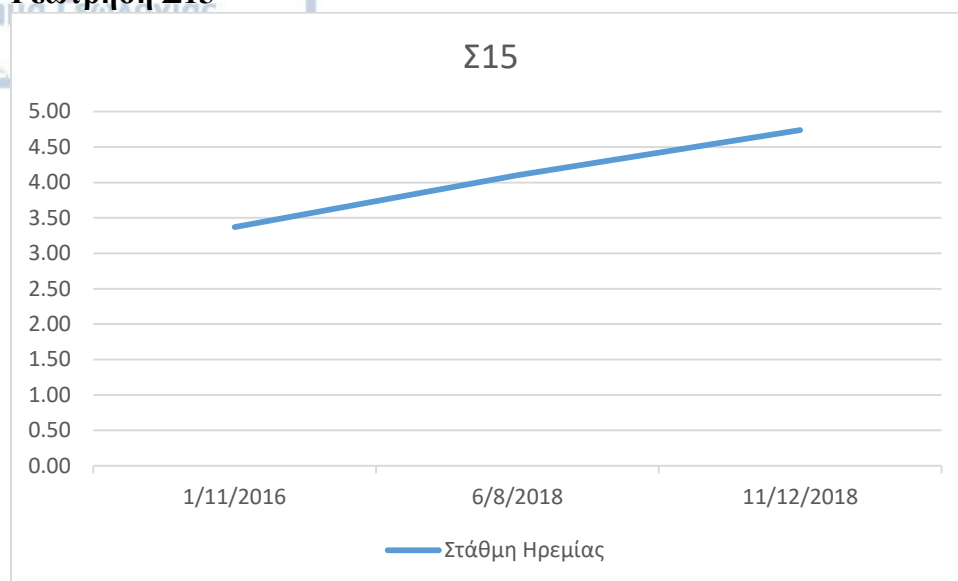


Σχήμα 6.15.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ13

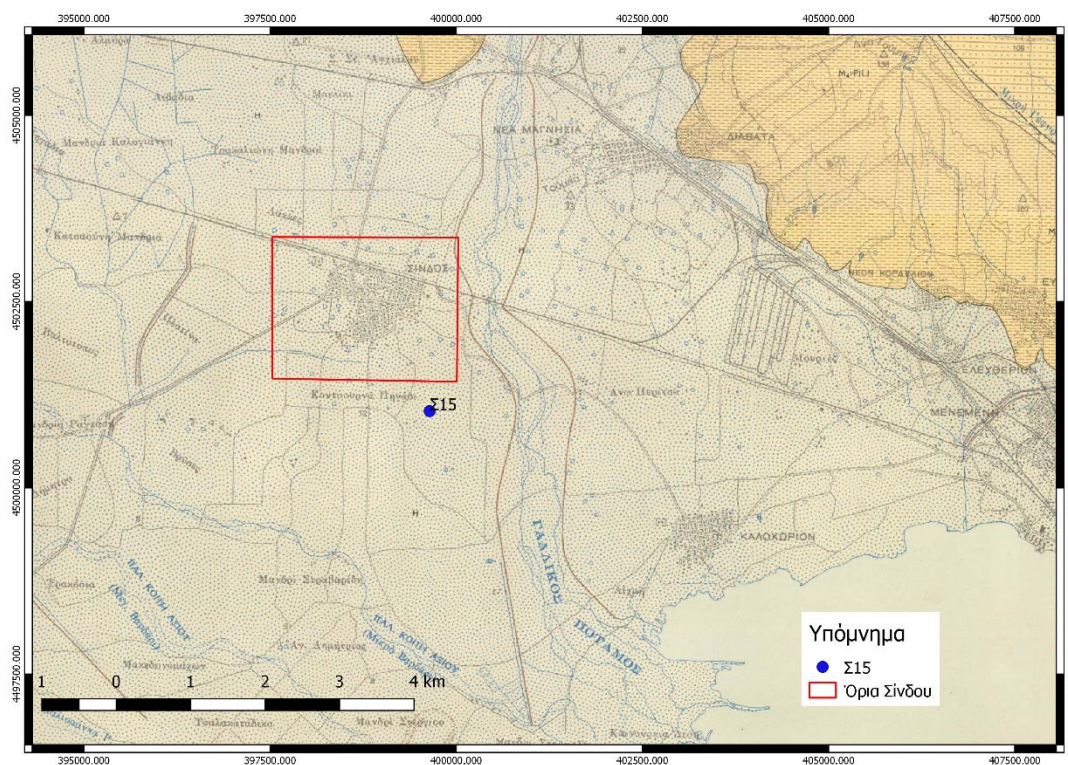


Σχήμα 6.15.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσολήνας γεώτρησης Σ13

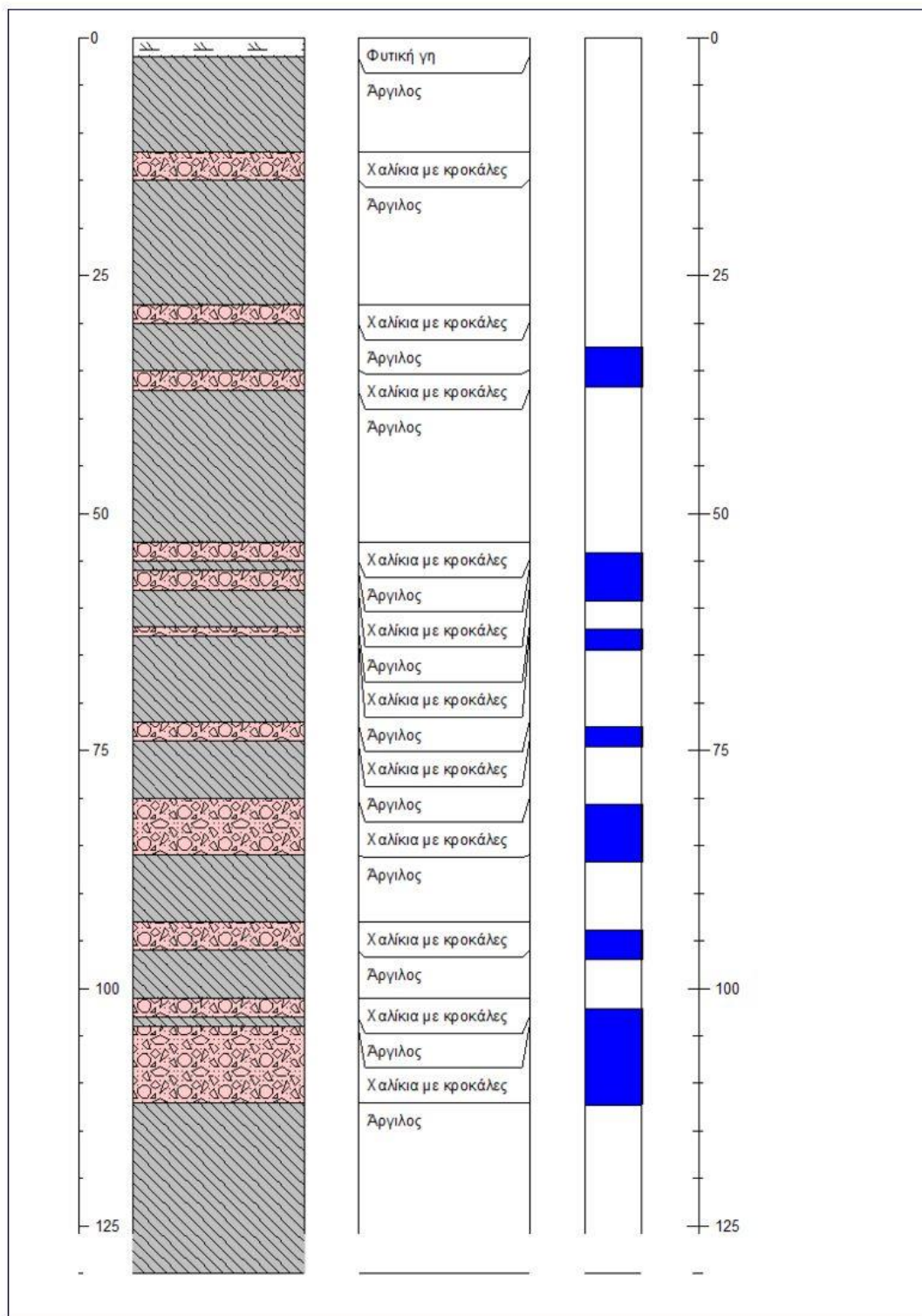
6.16 Γεώτρηση Σ15



Σχήμα 6.16.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

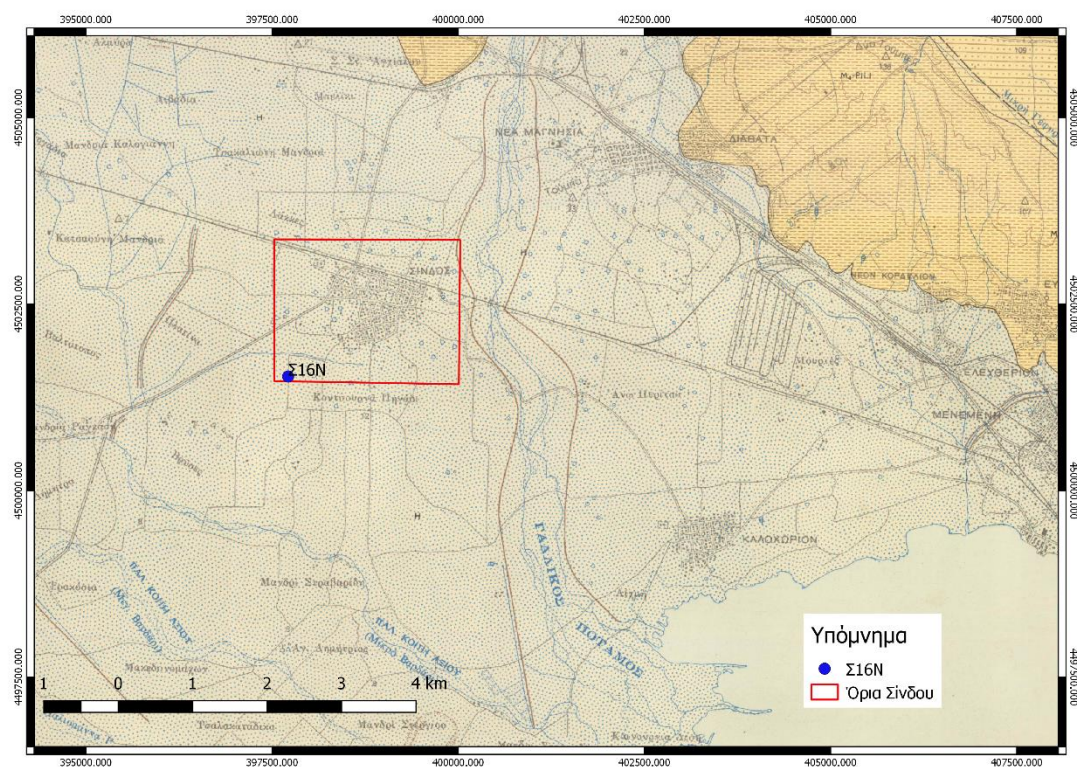


Σχήμα 6.16.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ15

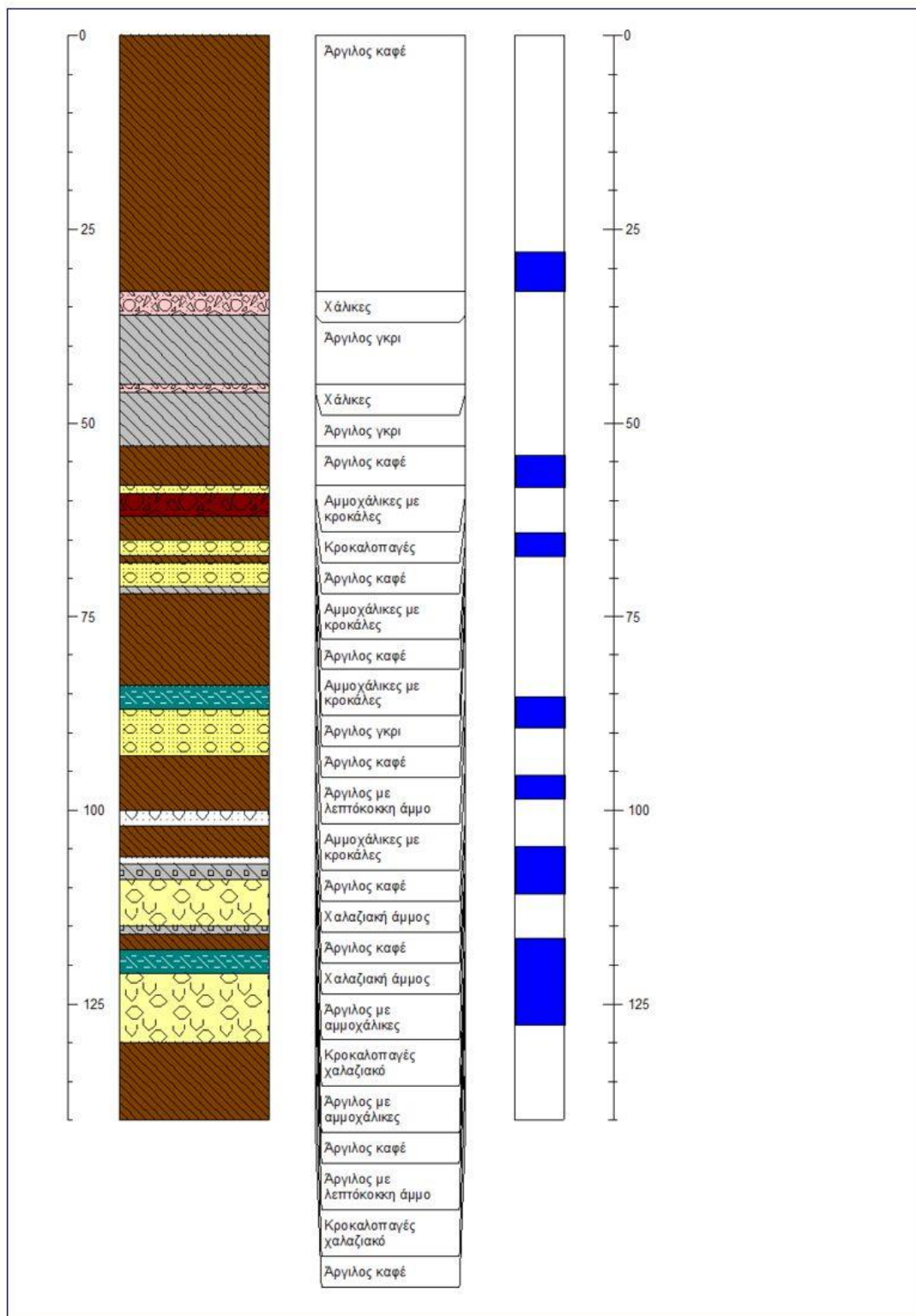


Σχήμα 6.16.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ15

6.17 Γεώτρηση Σ16N

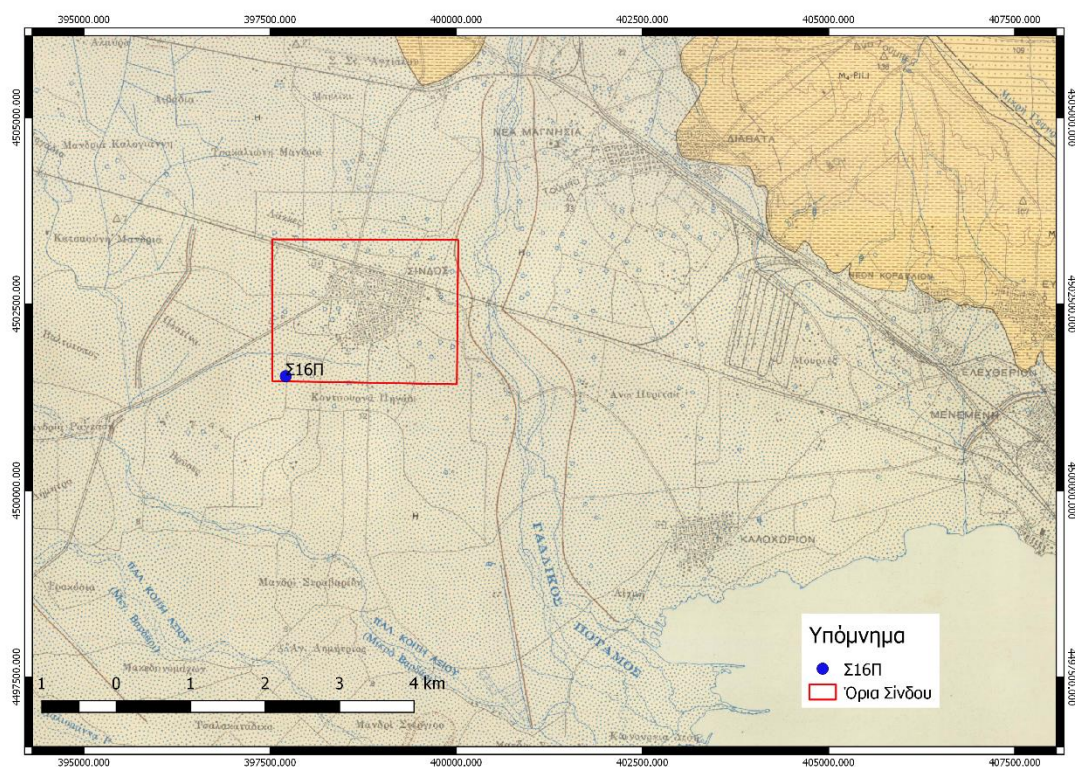


Σχήμα 6.17.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ16N

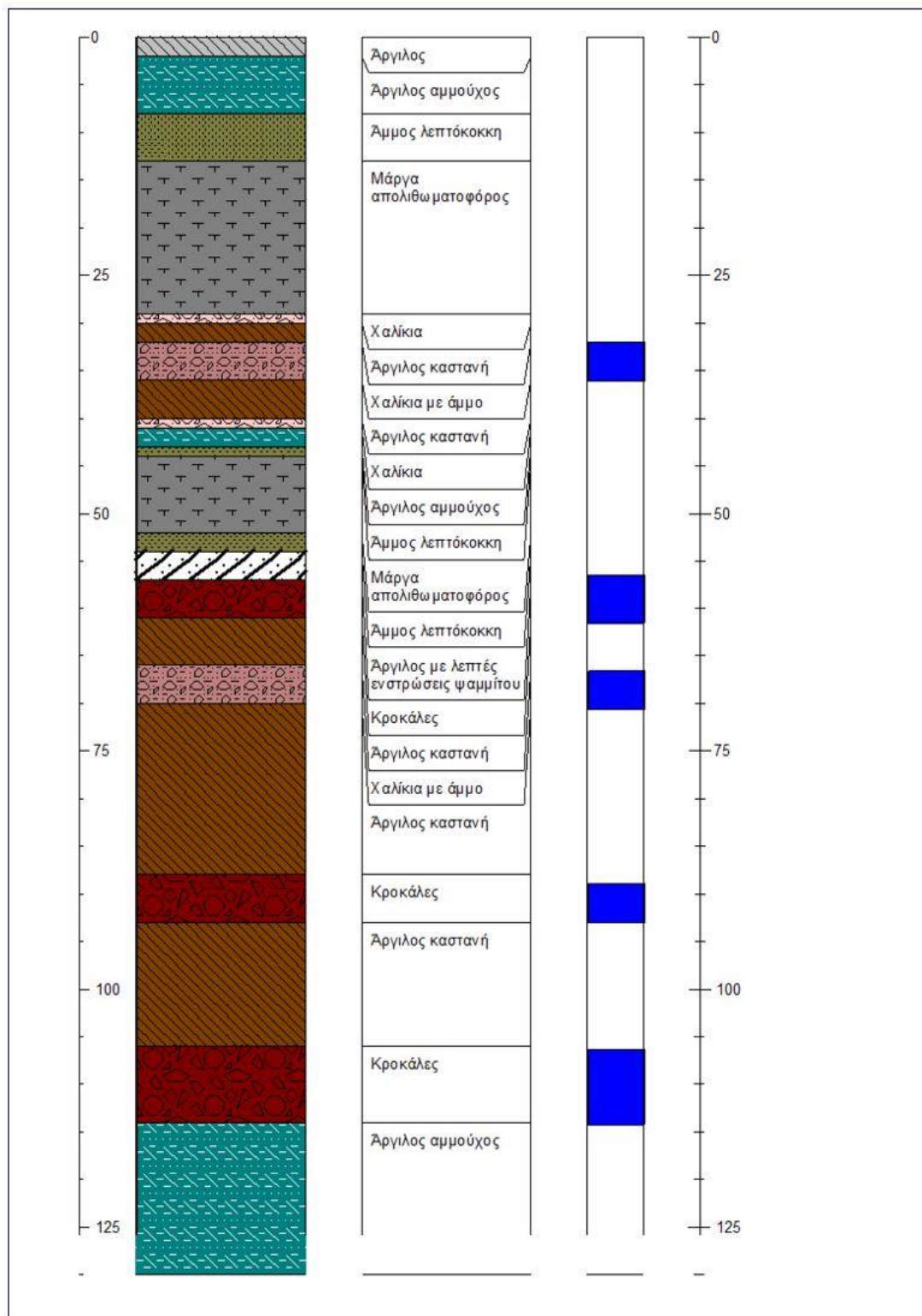


Σχήμα 6.17.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ16N

6.18 Γεώτρηση Σ16Π

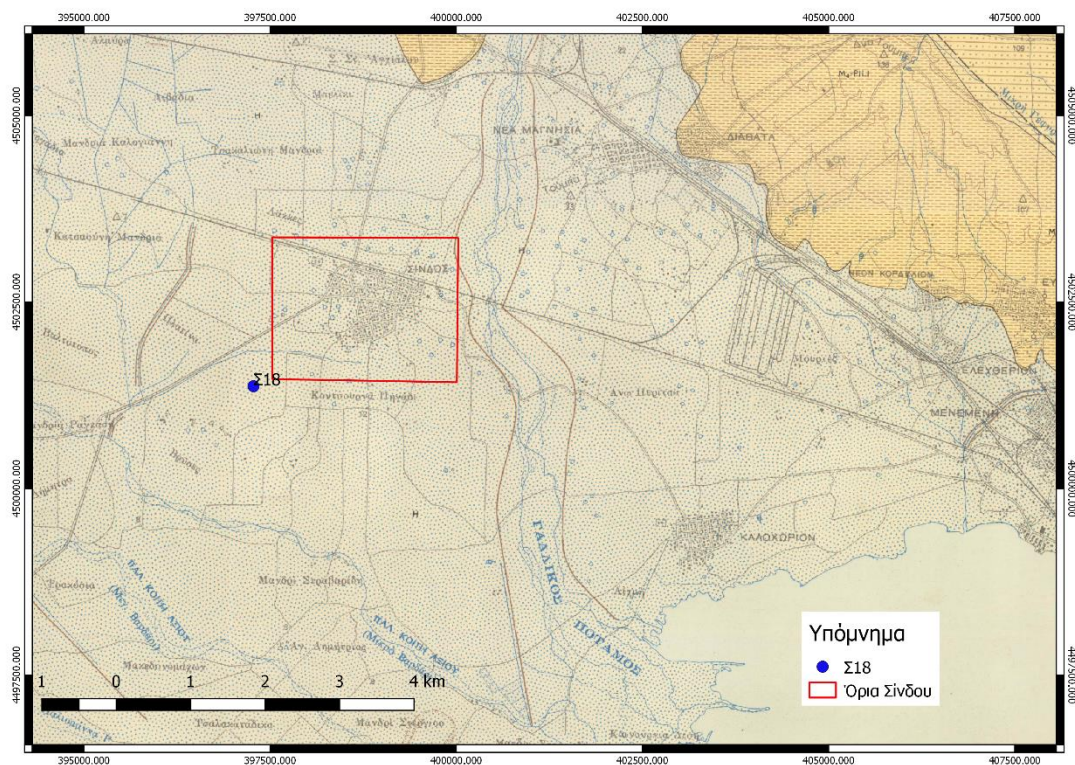


Σχήμα 6.18.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ16Π

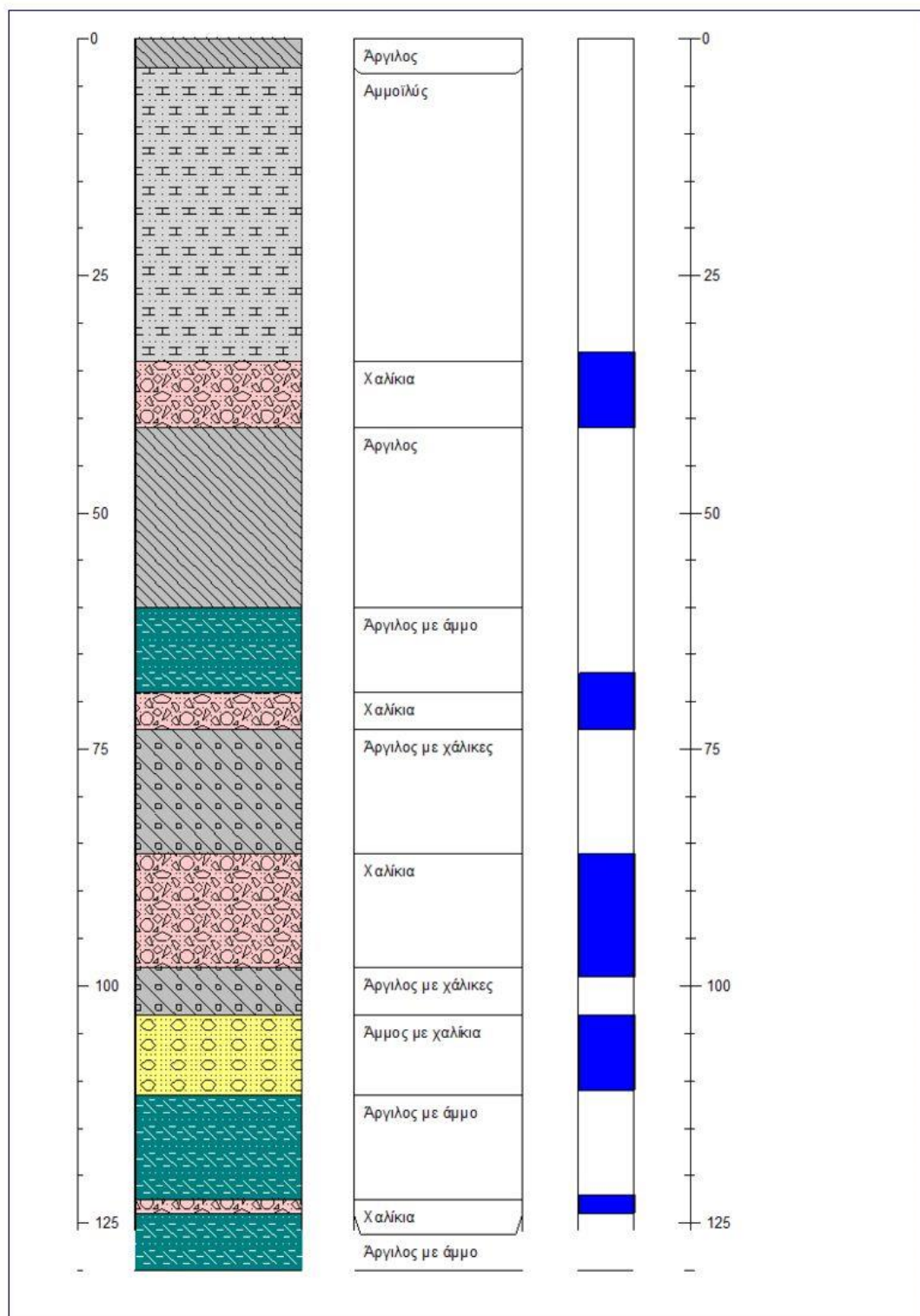


Σχήμα 6.18.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ16Π

6.19 Γεώτρηση Σ18

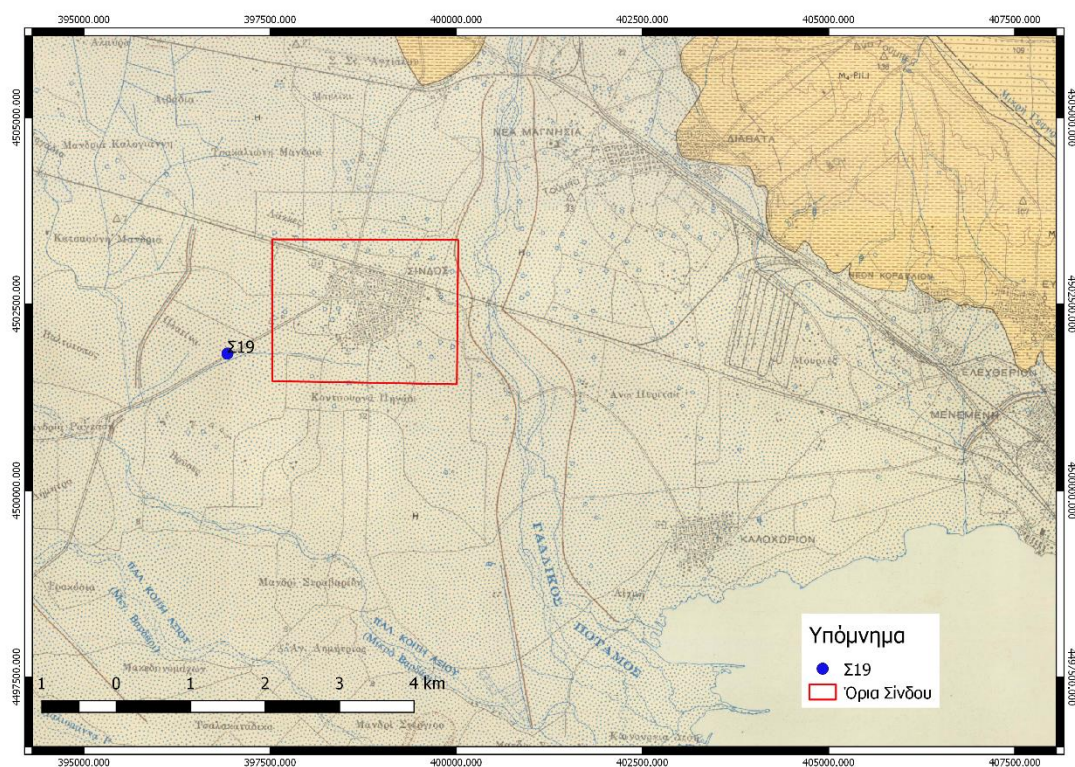


Σχήμα 6.19.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ18

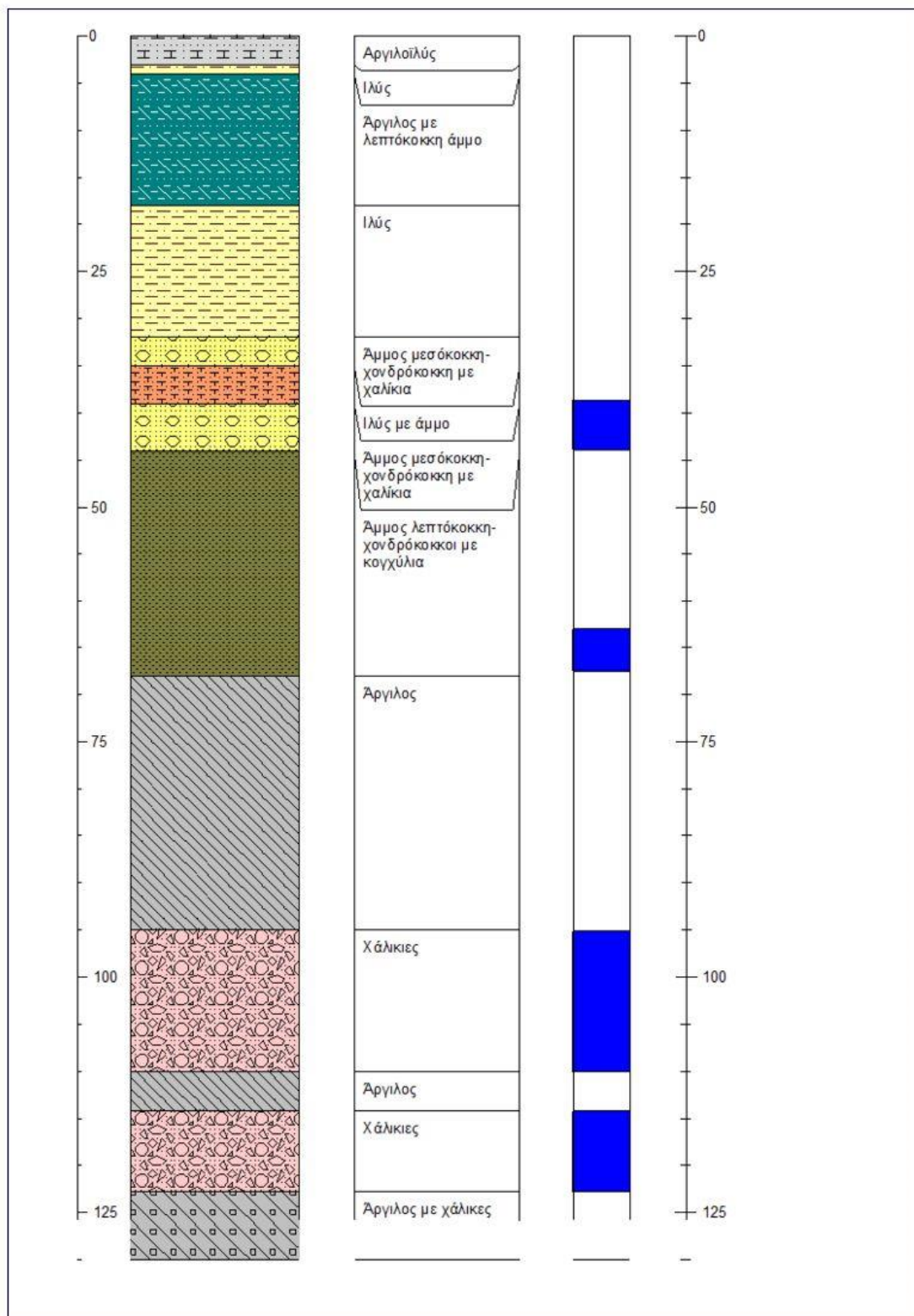


Σχήμα 6.19.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ18

6.20 Γεώτρηση Σ19

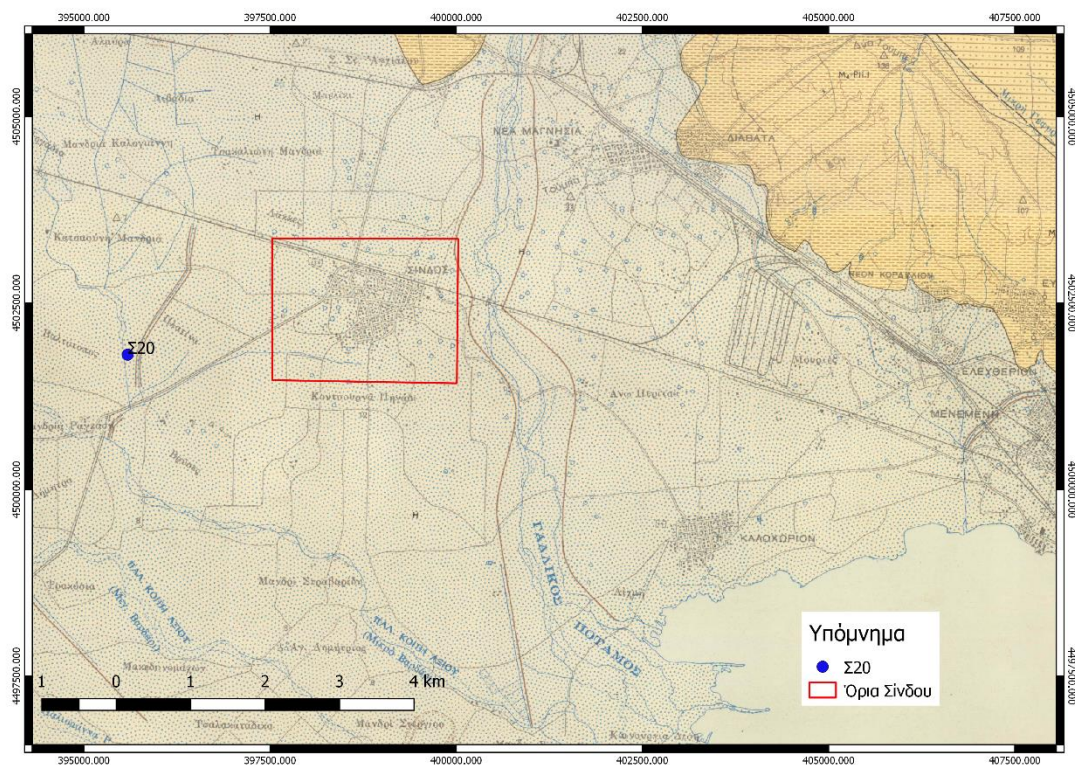


Σχήμα 6.20.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ19

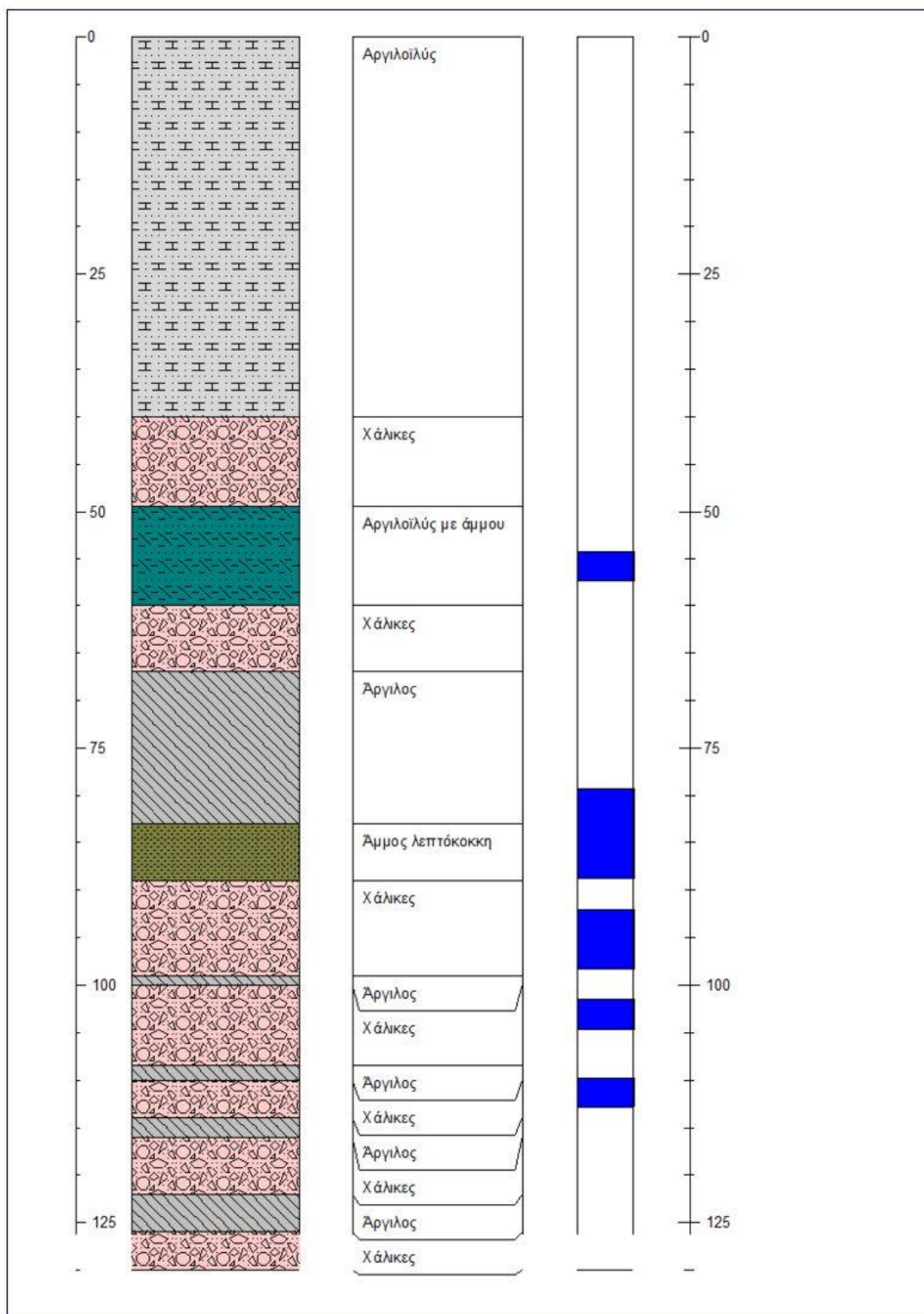


Σχήμα 6.20.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσώληνας γεώτρησης Σ19

6.21. Γεώτρηση Σ20

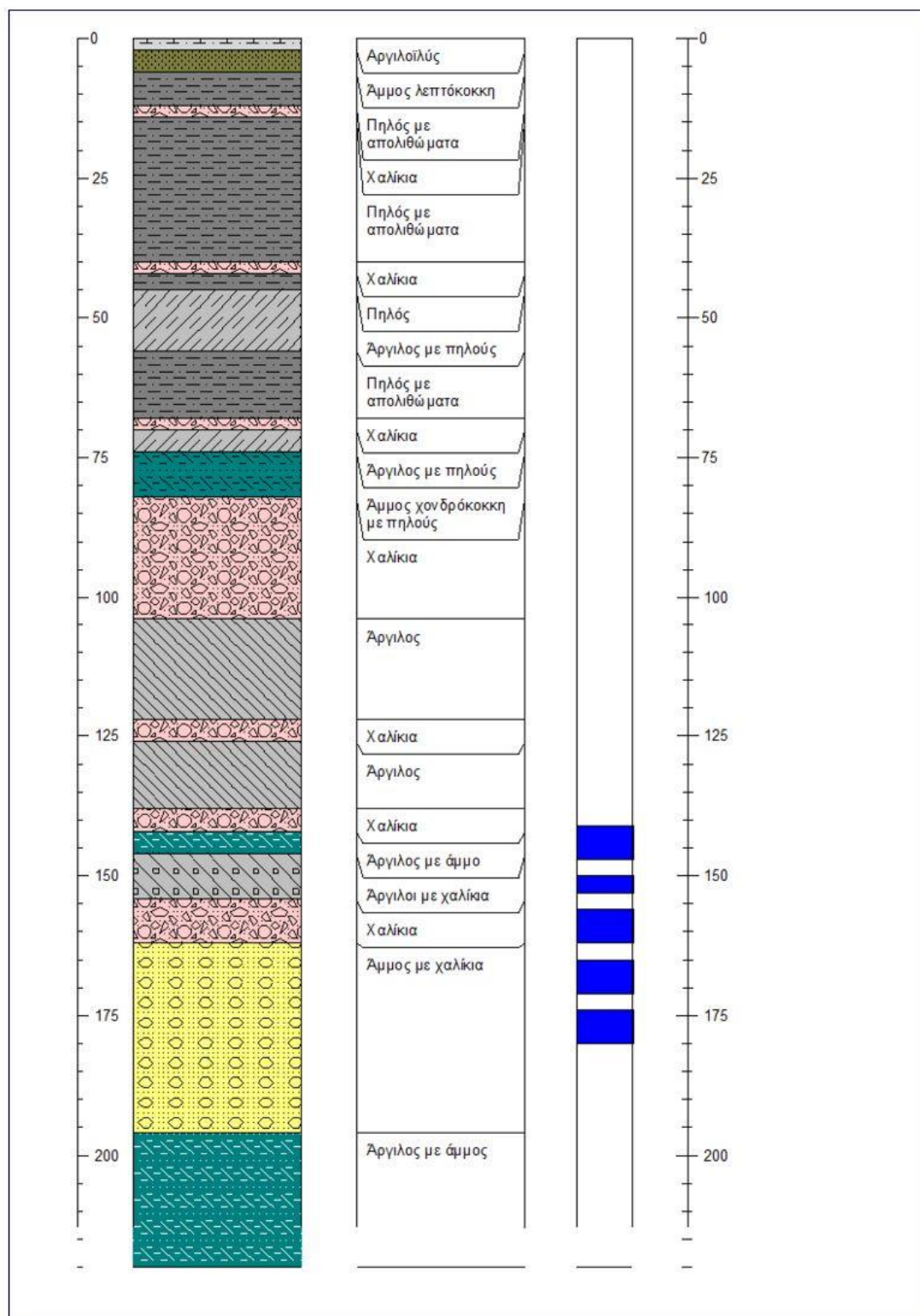


Σχήμα 6.21.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ20

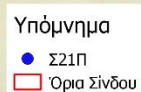


Σχήμα 6.21.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ20

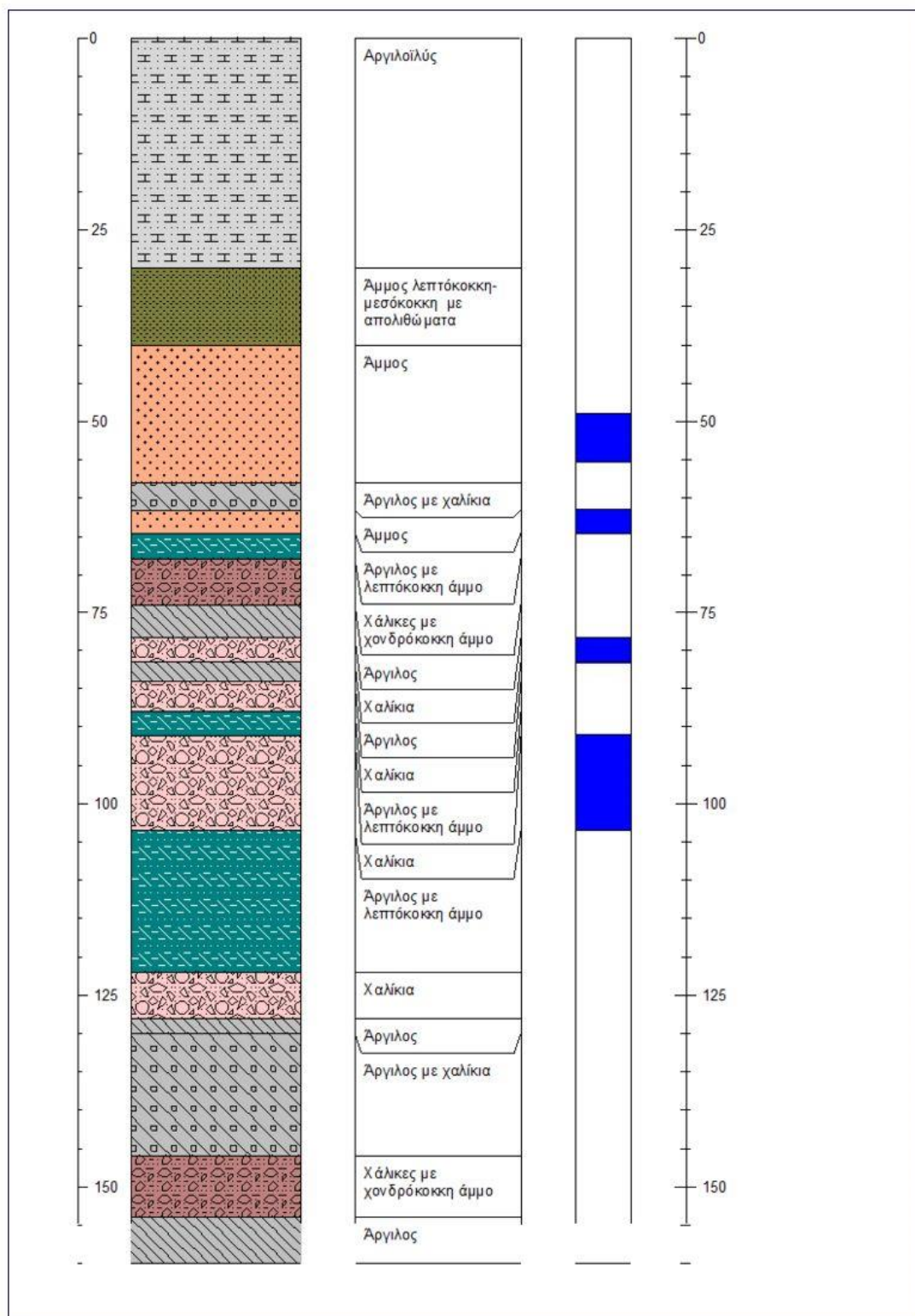




Σχήμα 6.22.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ21Ν

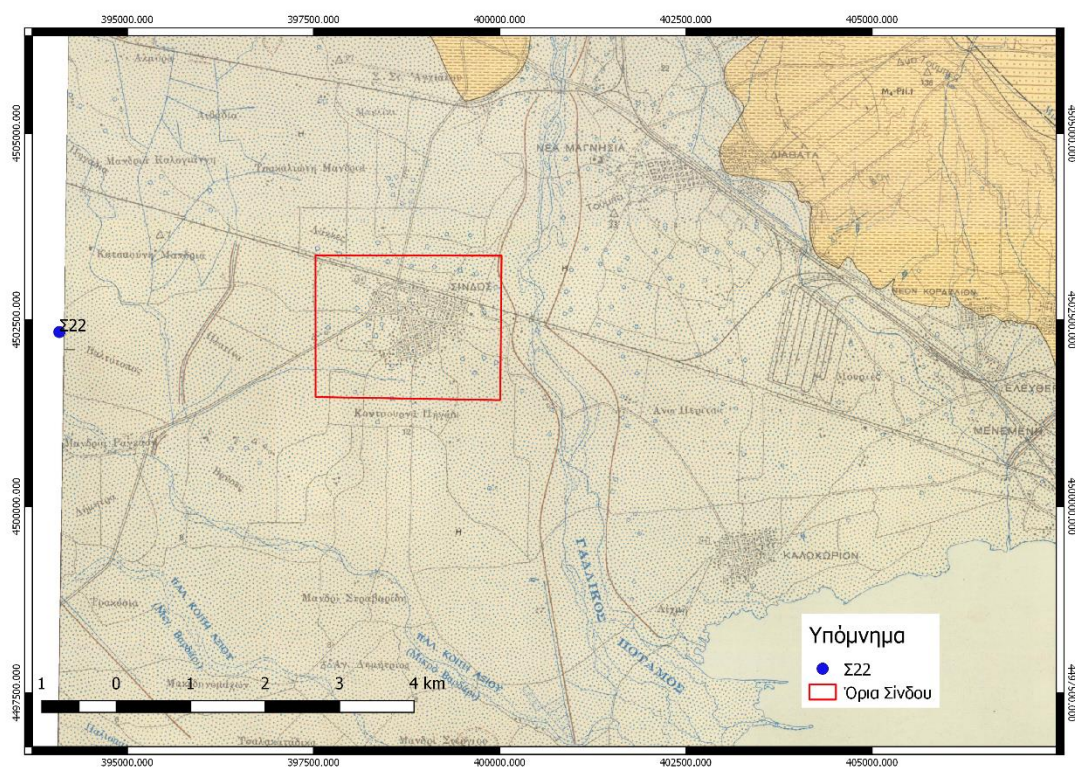


Σχήμα 6.23.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ21Π

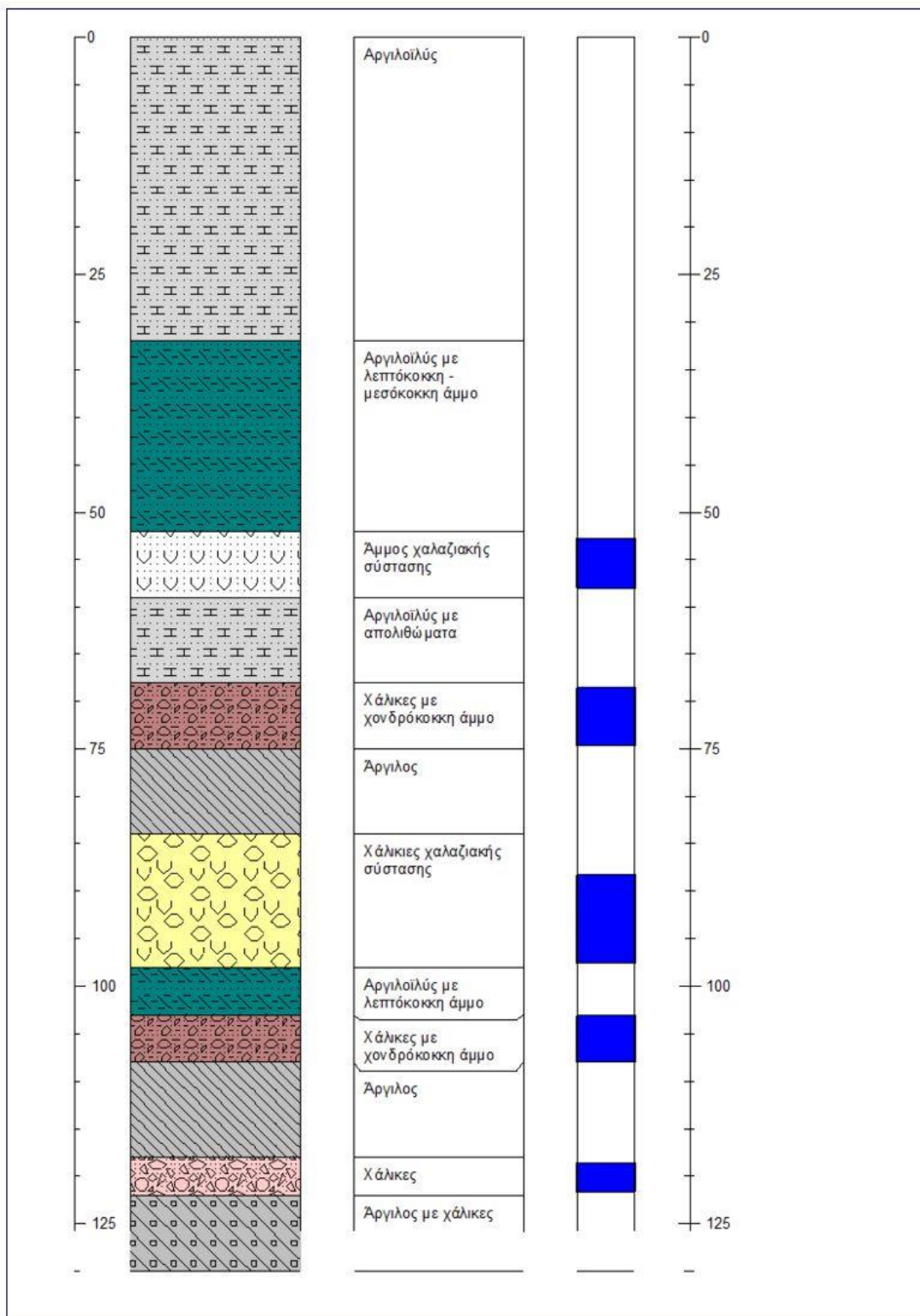


Σχήμα 6.23.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ21Π

6.24 Γεώτρηση Σ22

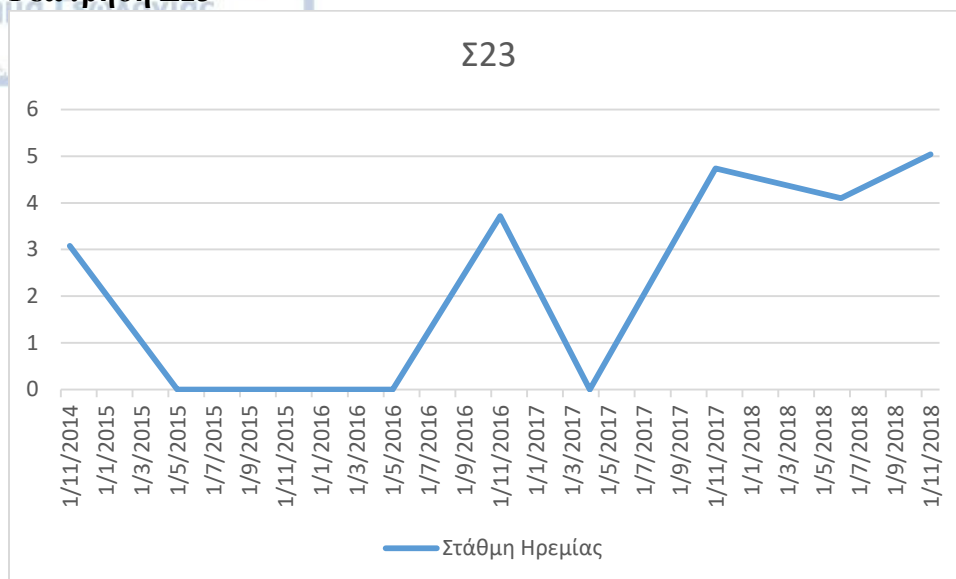


Σχήμα 6.24.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ22

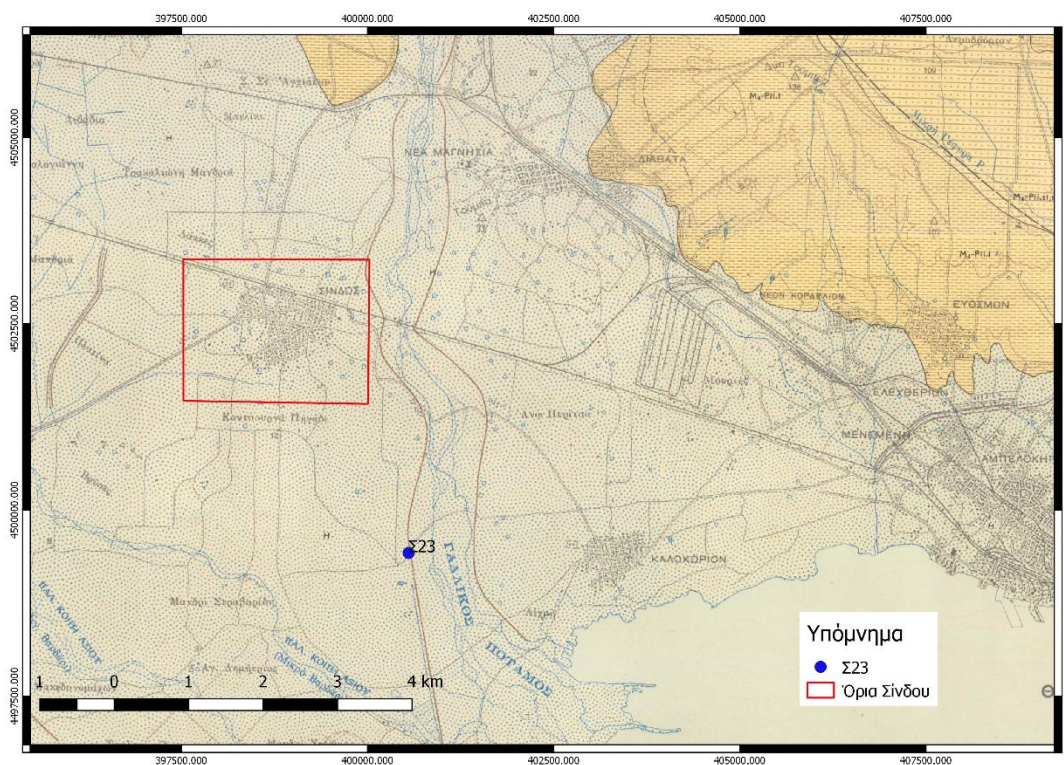


Σχήμα 6.24.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ22

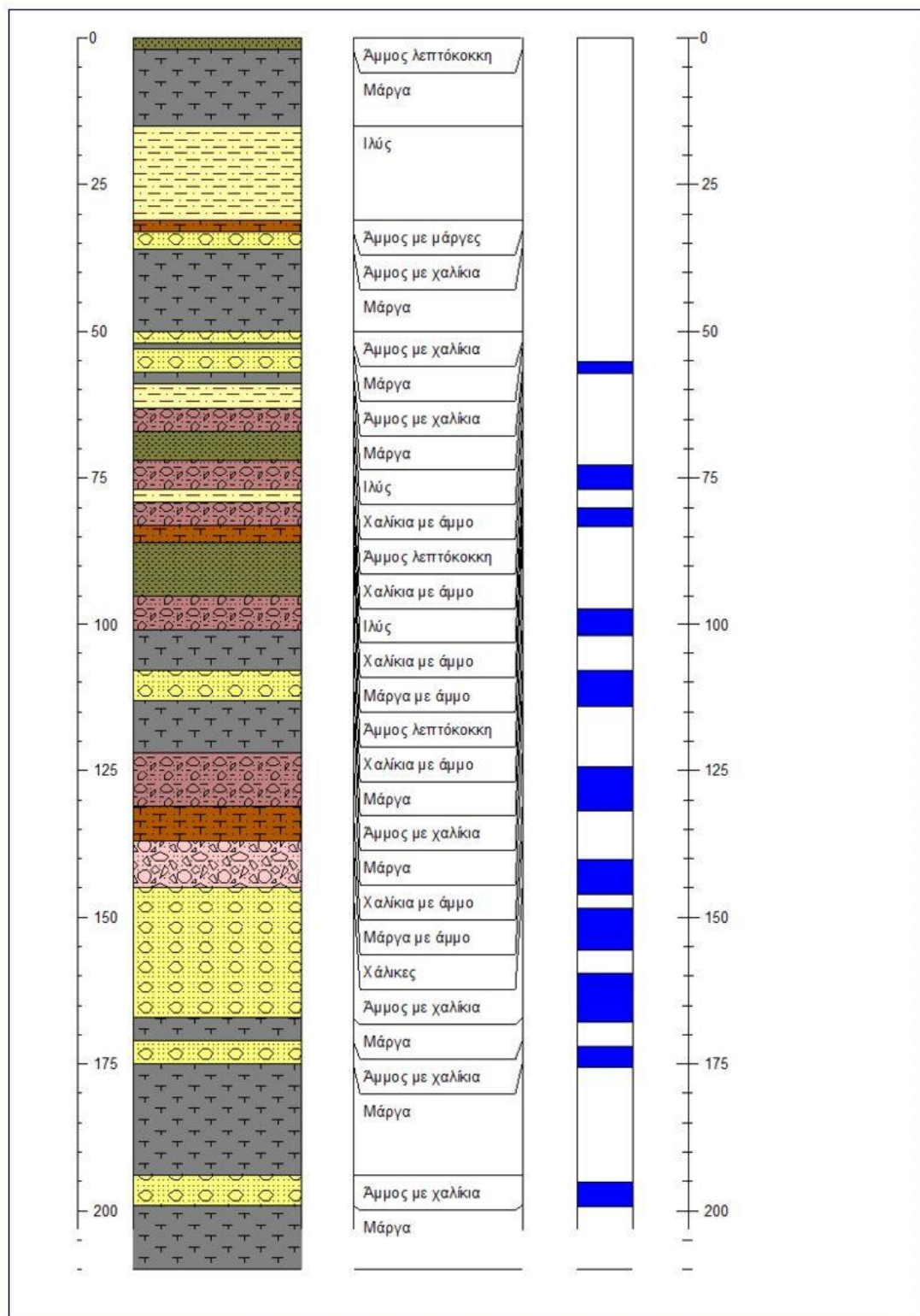
6.25 Γεώτρηση Σ23



Σχήμα 6.25.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

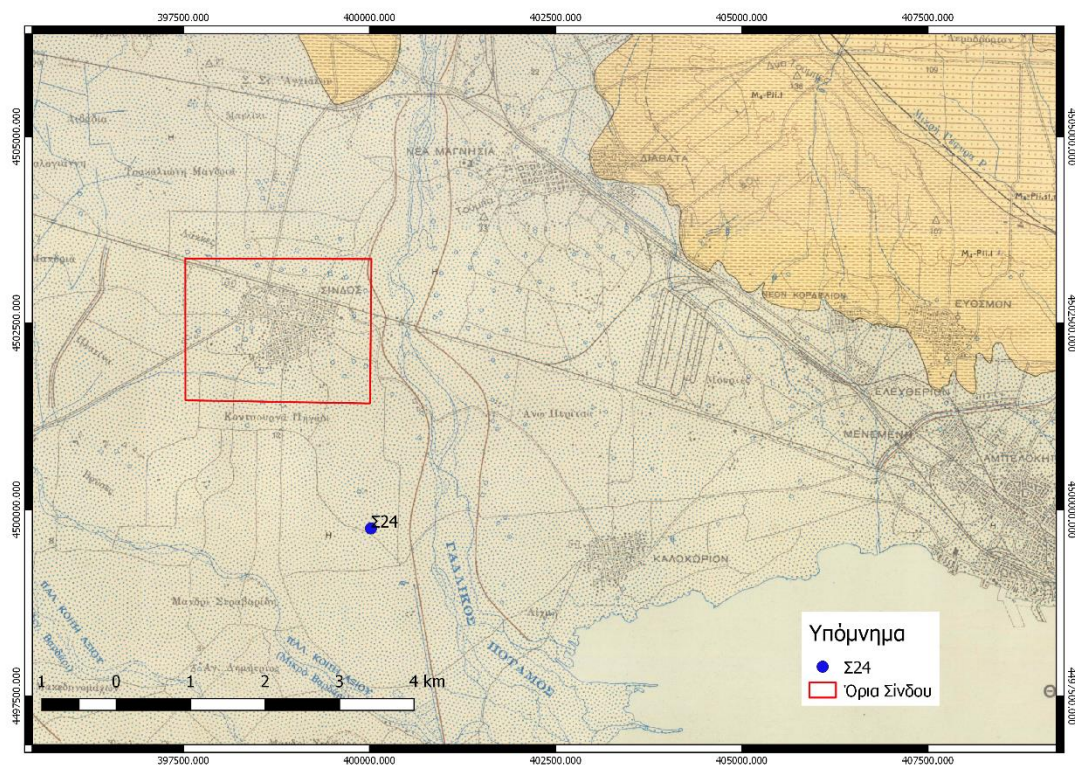


Σχήμα 6.25.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ23

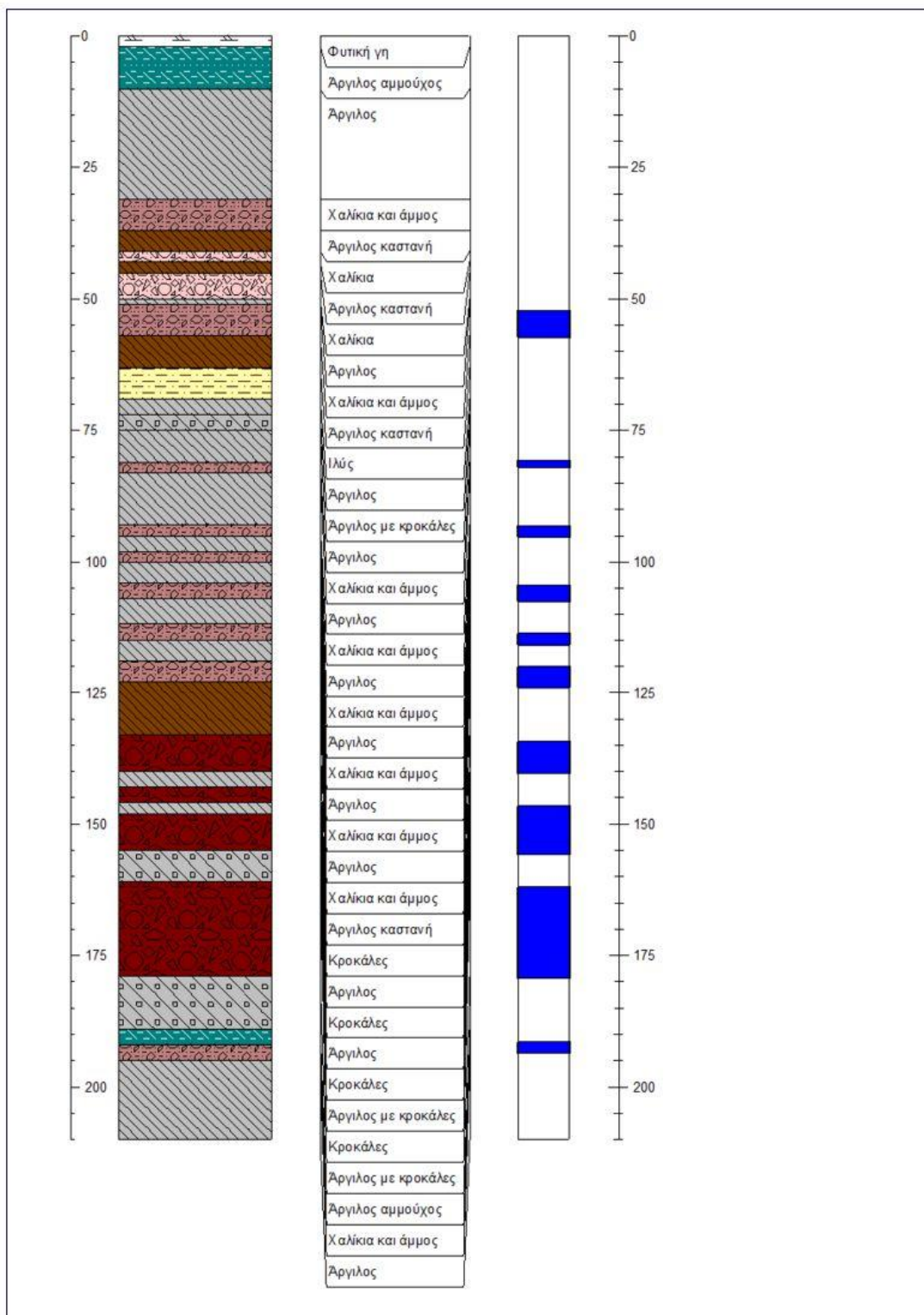


Σχήμα 6.25.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ23

6.26 Γεώτρηση Σ24

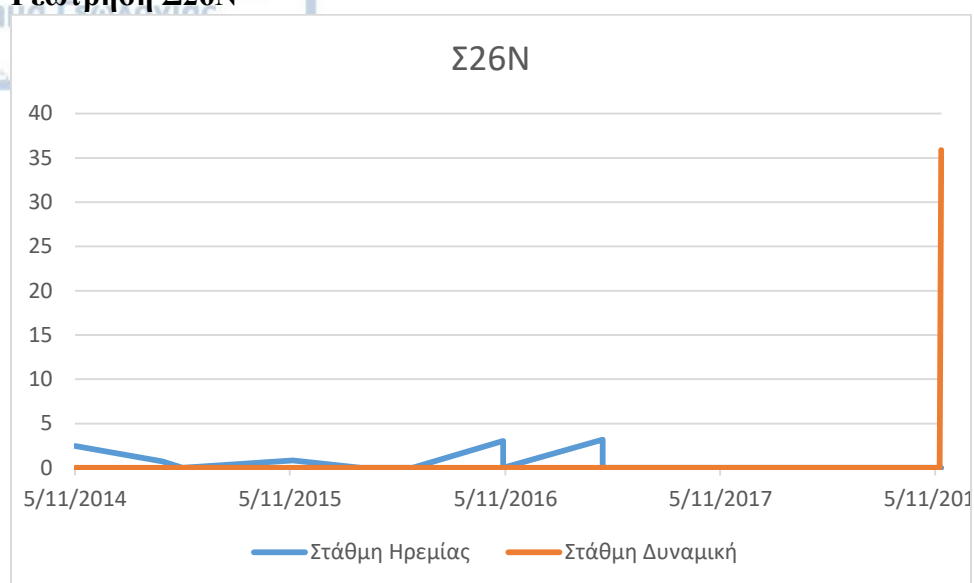


Σχήμα 6.26.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ24

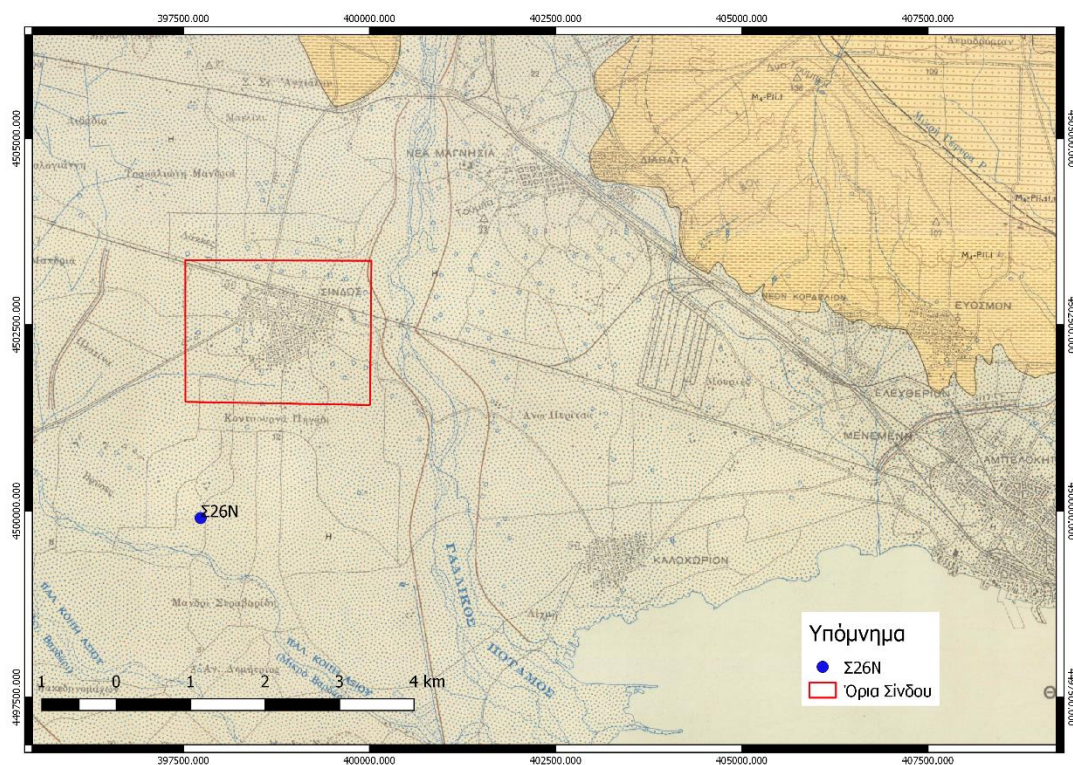


Σχήμα 6.26.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ24

6.27 Γεώτρηση Σ26N



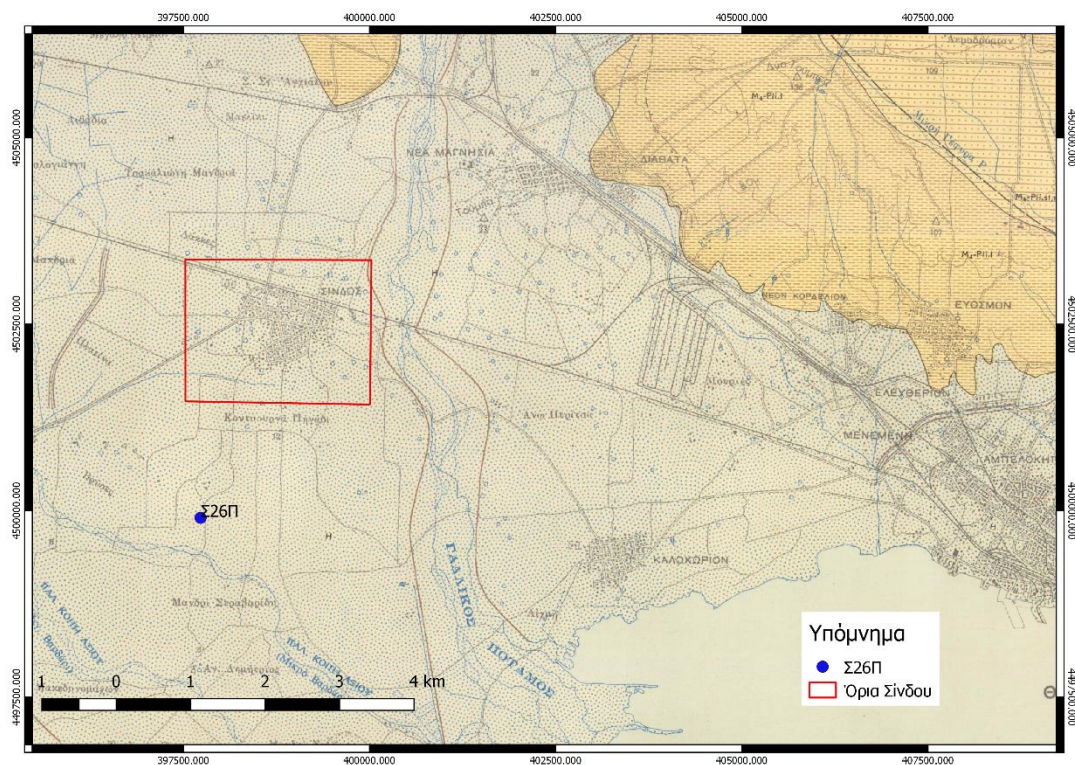
Σχήμα 6.27.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.



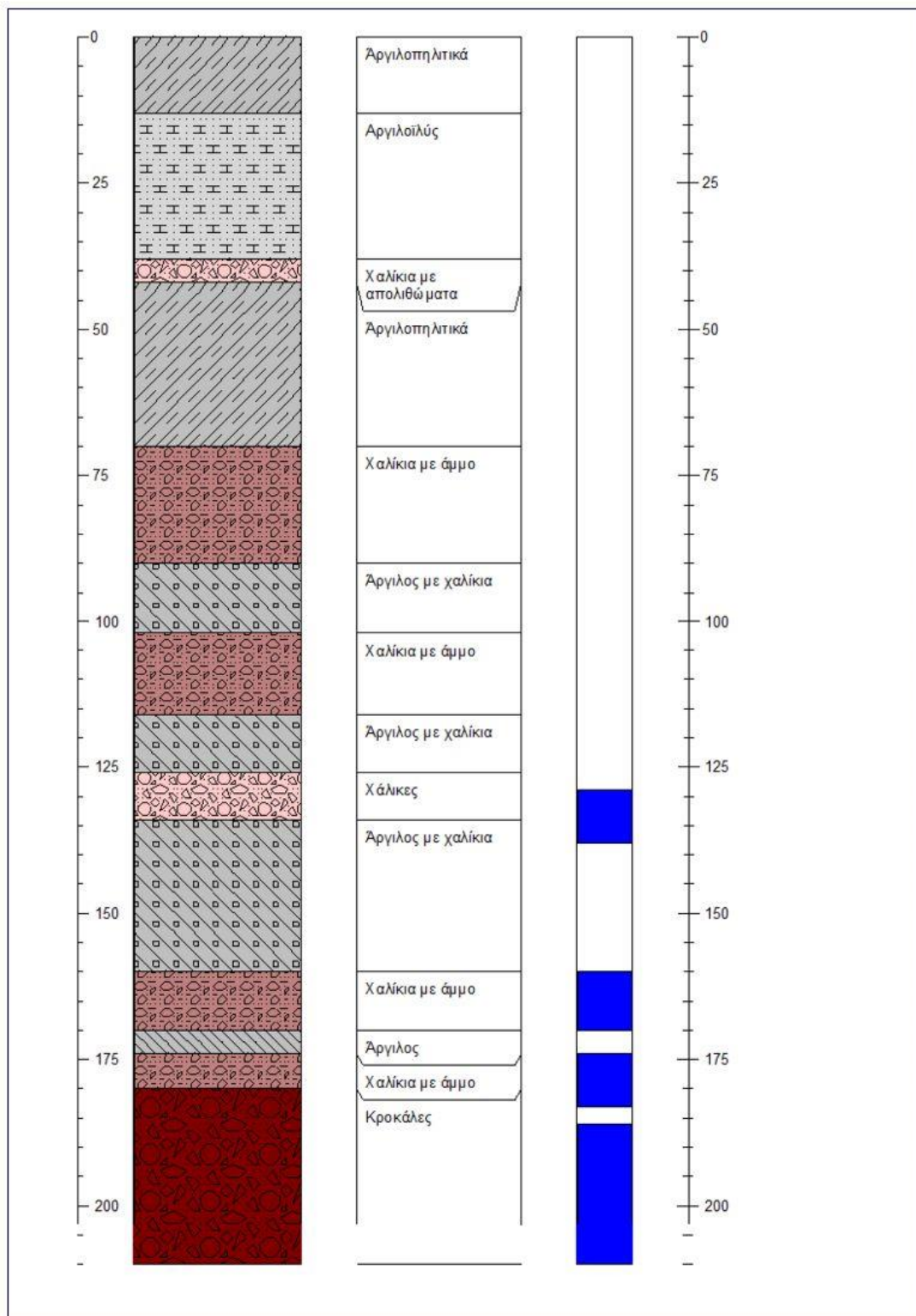
Σχήμα 6.27.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ26N

111

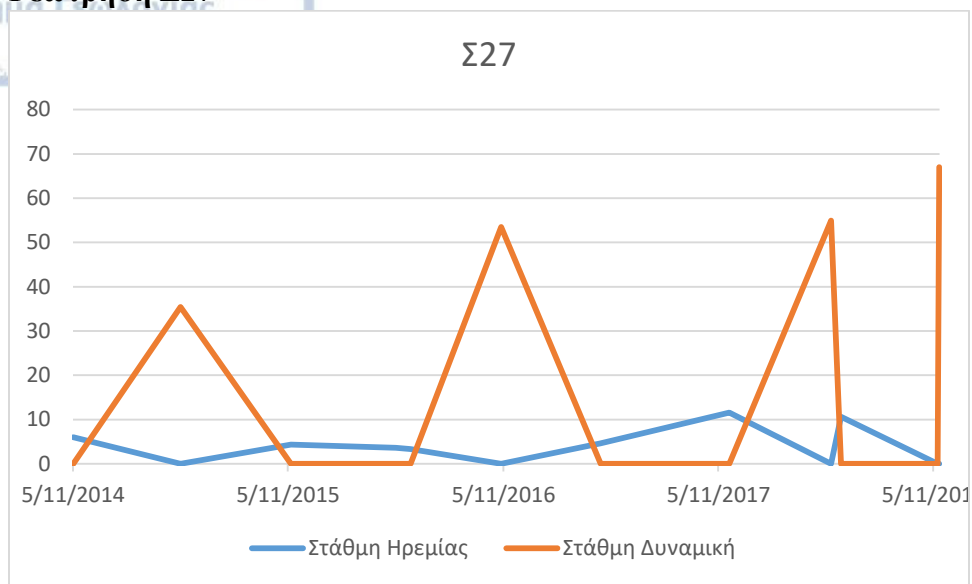
6.28 Γεώτρηση Σ26Π



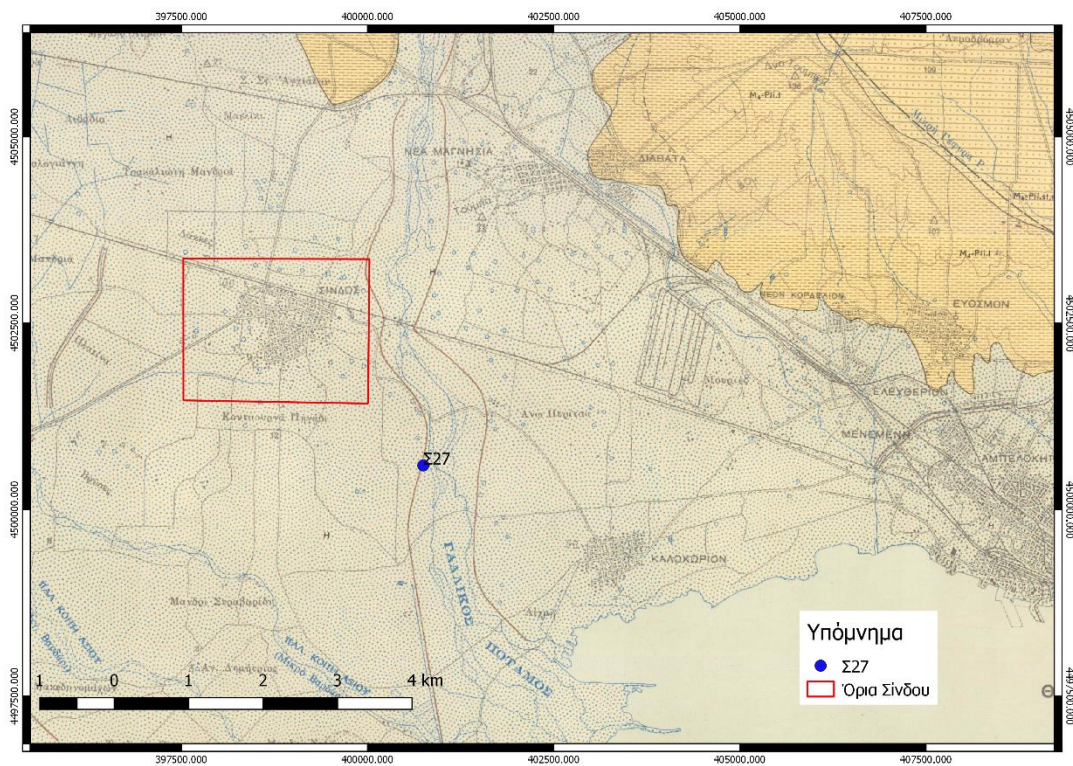
Σχήμα 6.28.1 : Χάρτης γεώτρησης Σ26Π



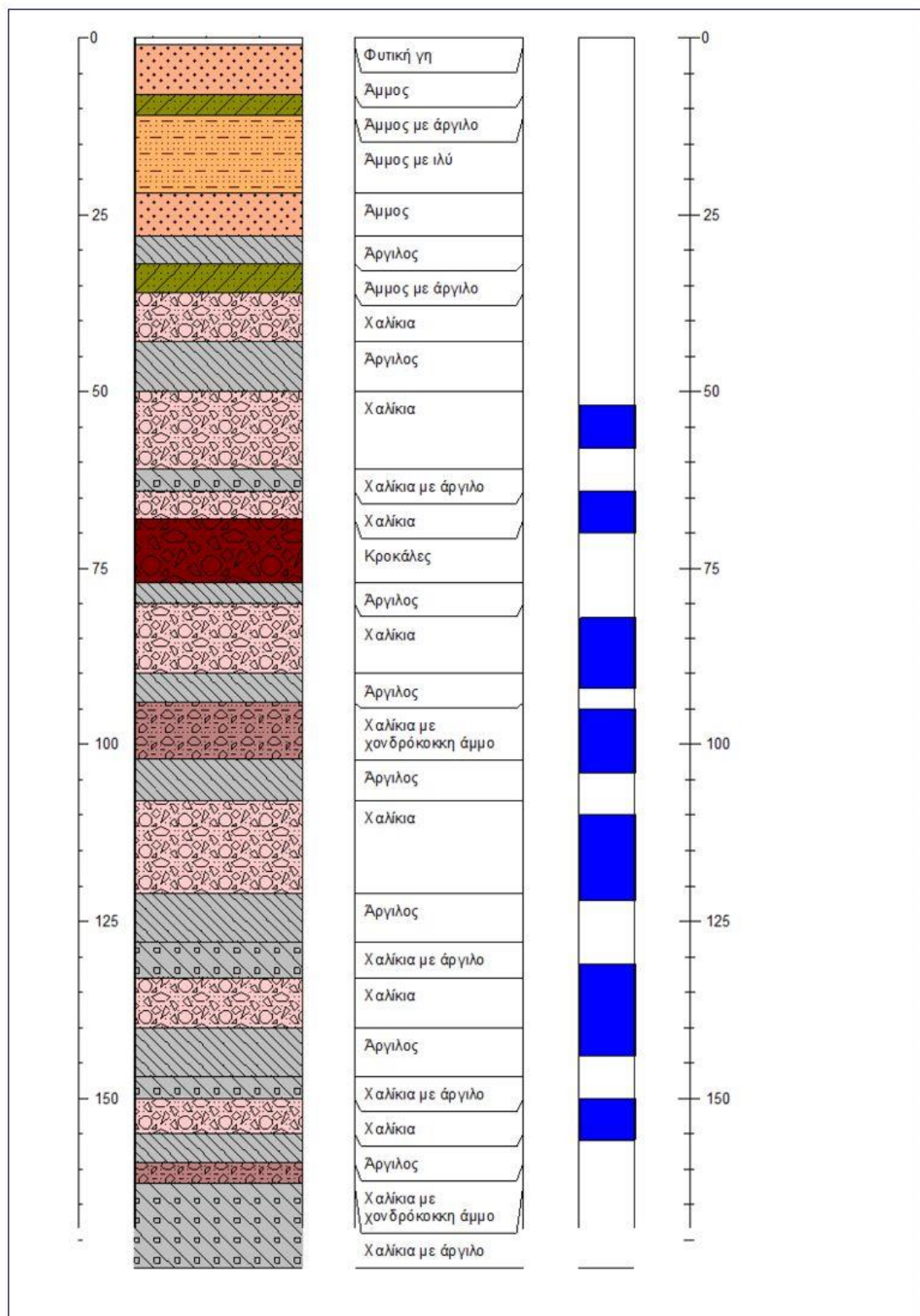
Σχήμα 6.28.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσολήνας γεώτρησης Σ26Π



Σχήμα 6.29.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας και δυναμικής στάθμης..

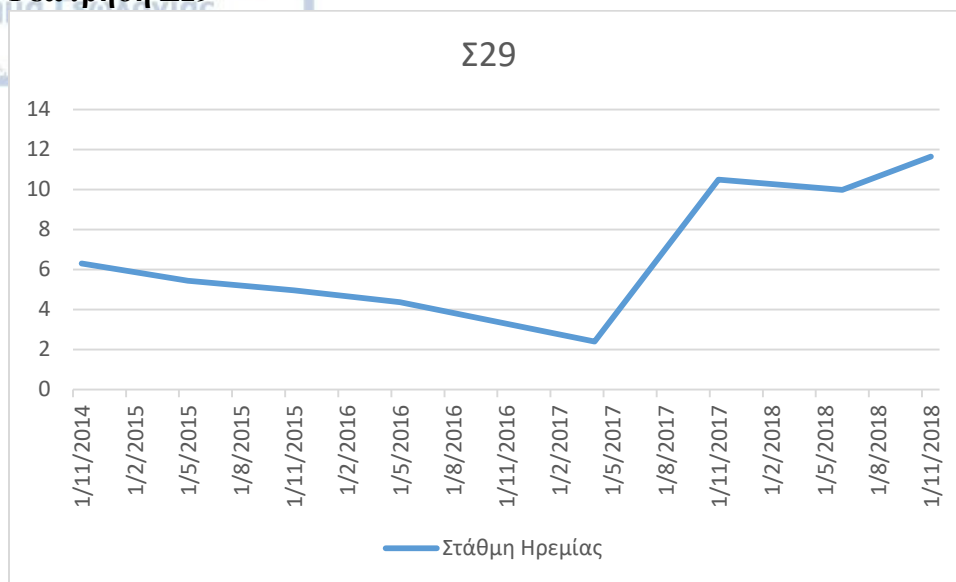


Σχήμα 6.29.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ27

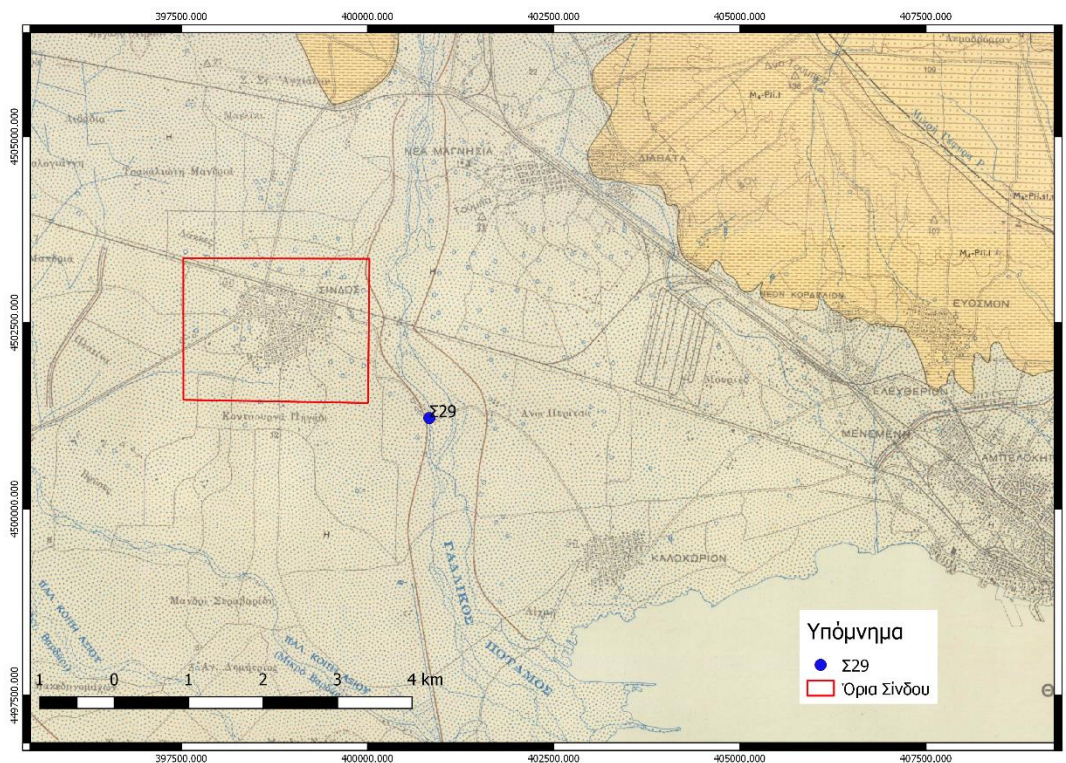


Σχήμα 6.29.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ27

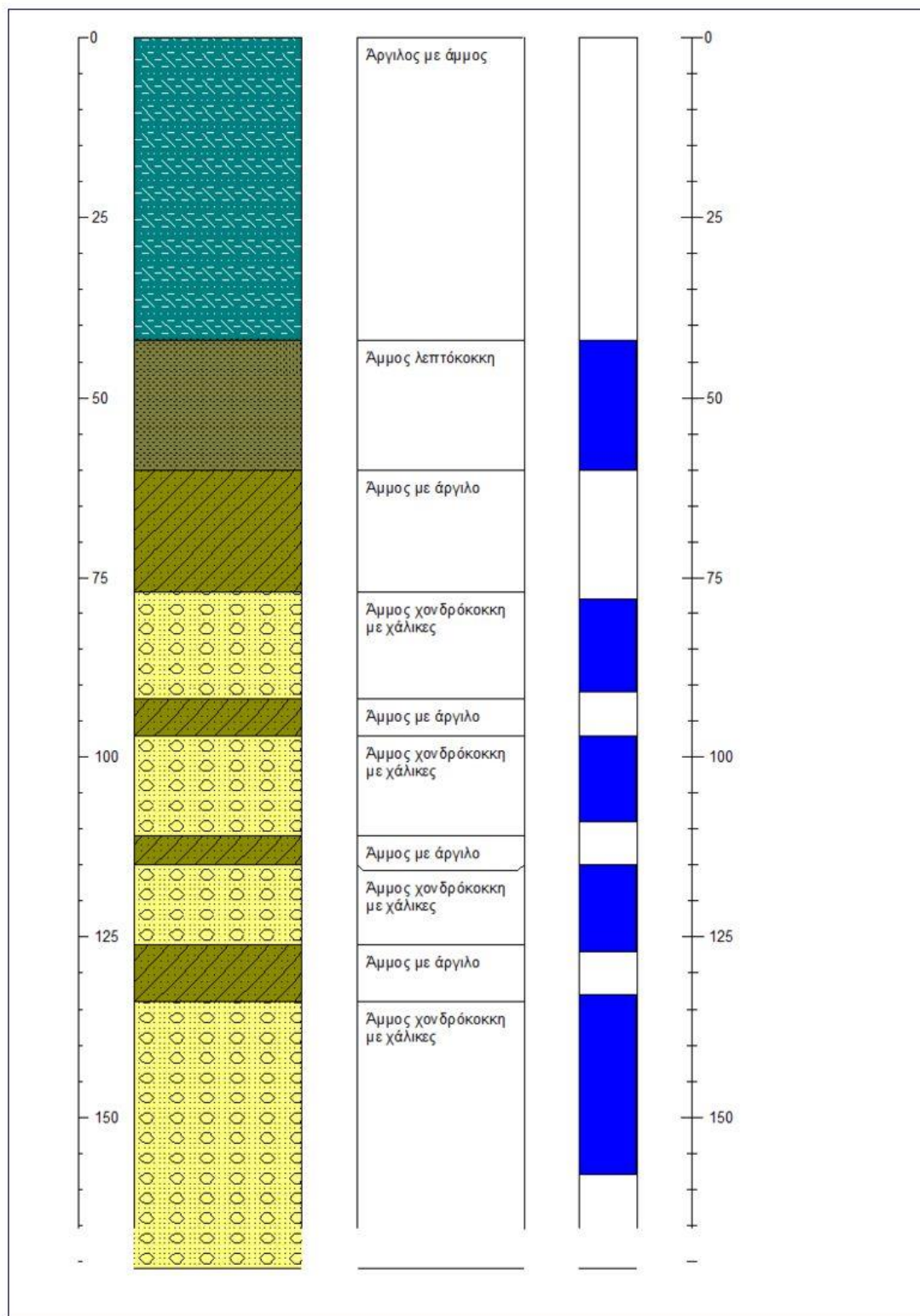
6.30 Γεώτρηση Σ29



Σχήμα 6.30.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

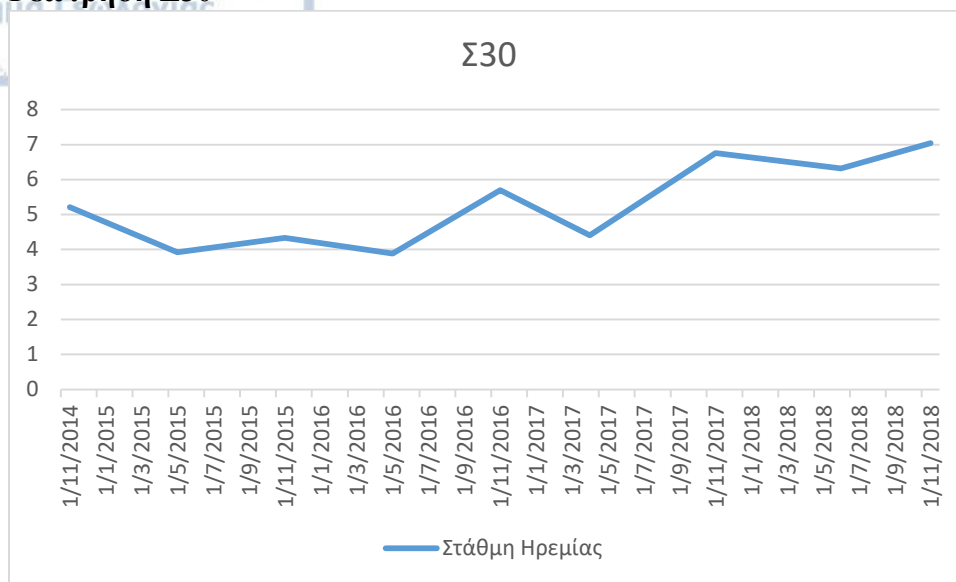


Σχήμα 6.30.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ29

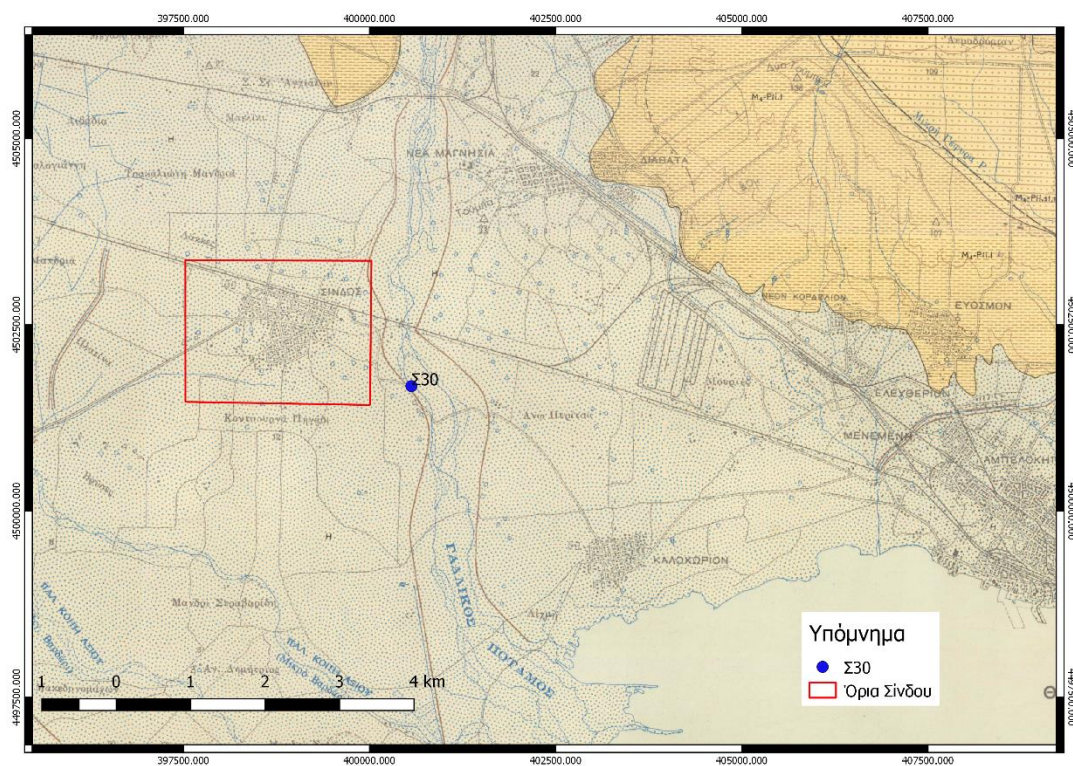


Σχήμα 6.30.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσολήνας γεώτρησης Σ29

6.31 Γεώτρηση Σ30



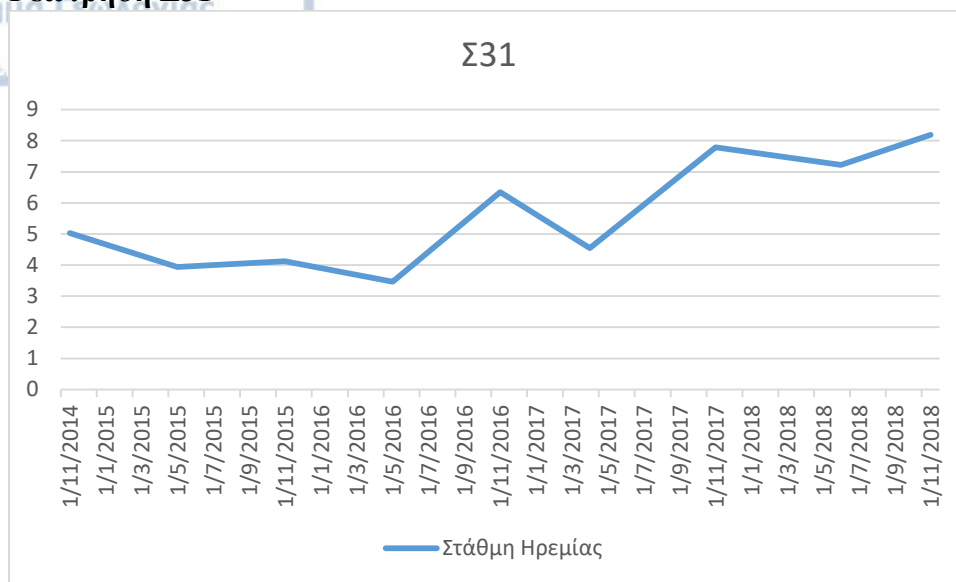
Σχήμα 6.31.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.



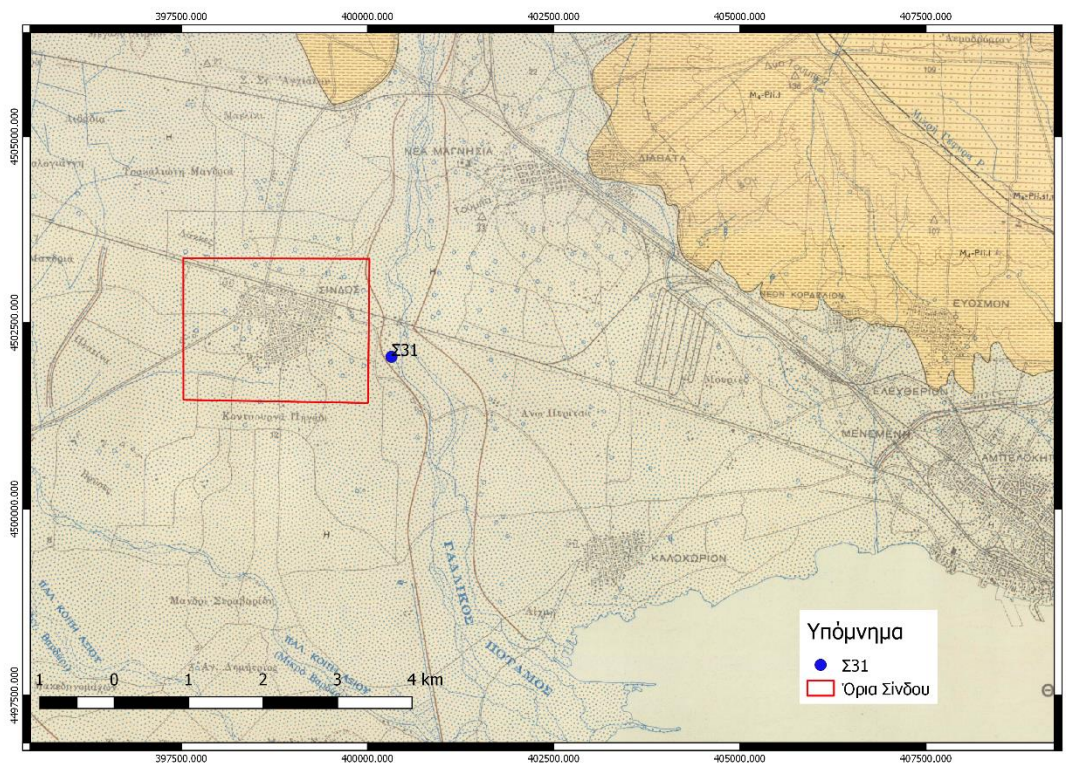
Σχήμα 6.31.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ30

119

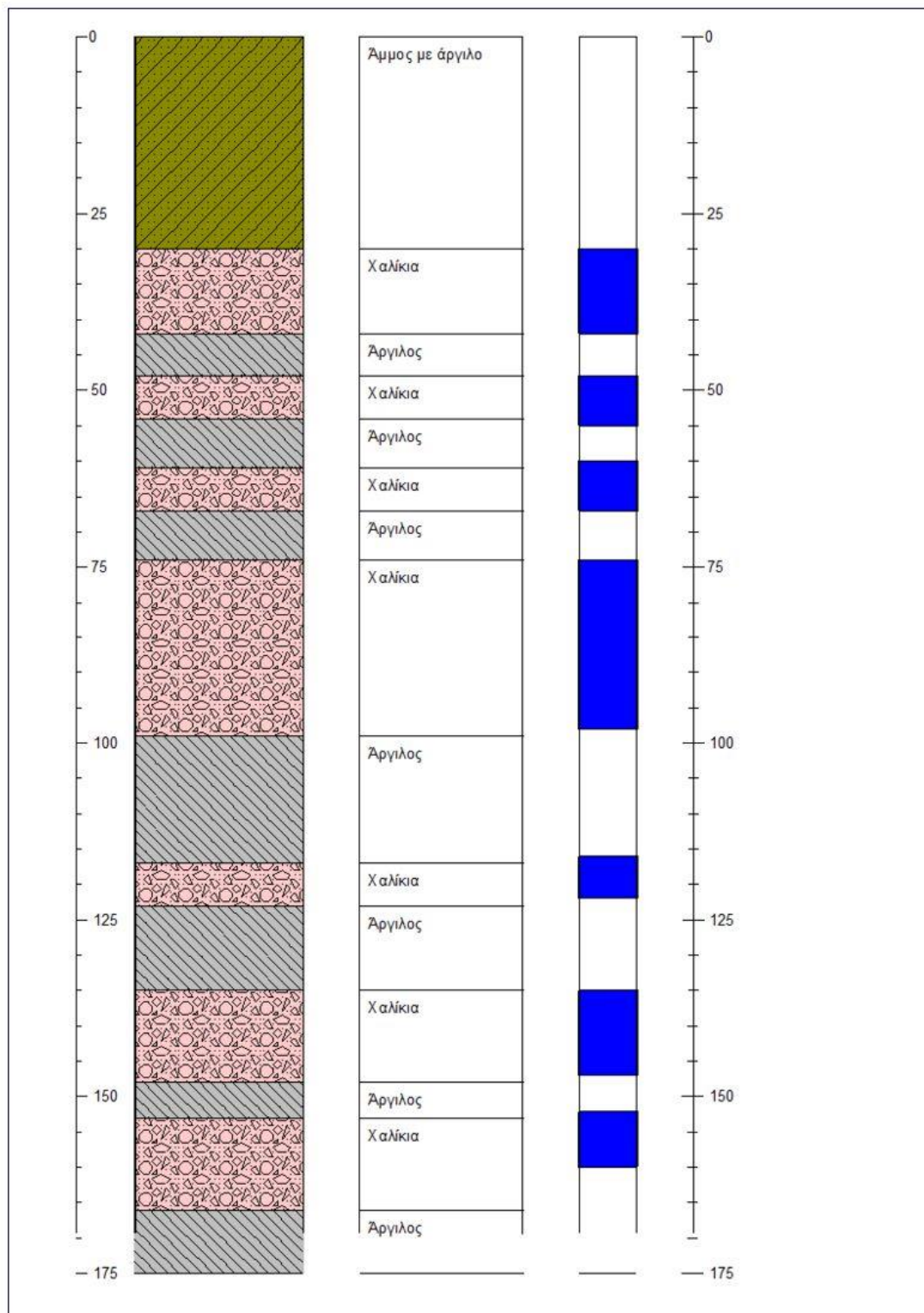
6.32 Γεώτρηση Σ31



Σχήμα 6.32.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

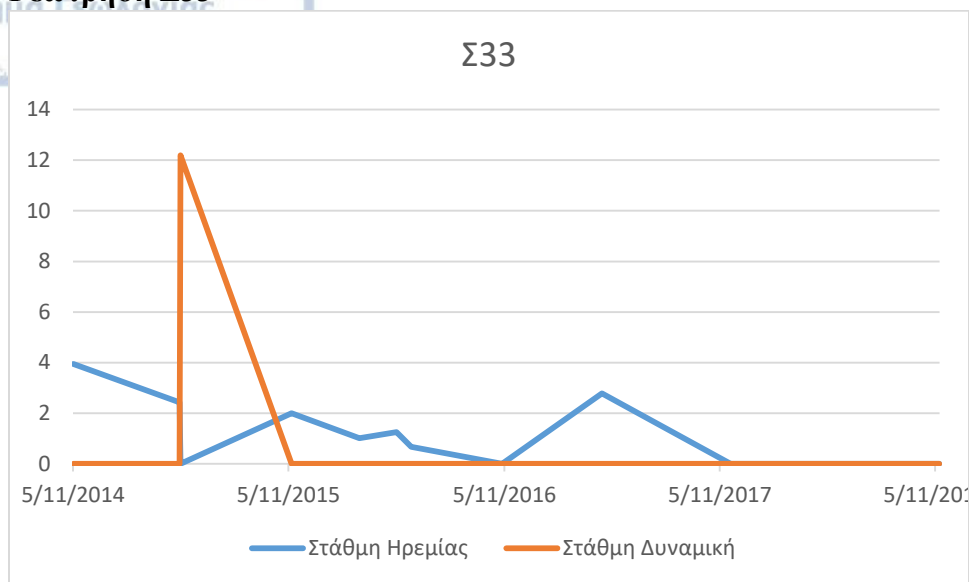


Σχήμα 6.32.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ31

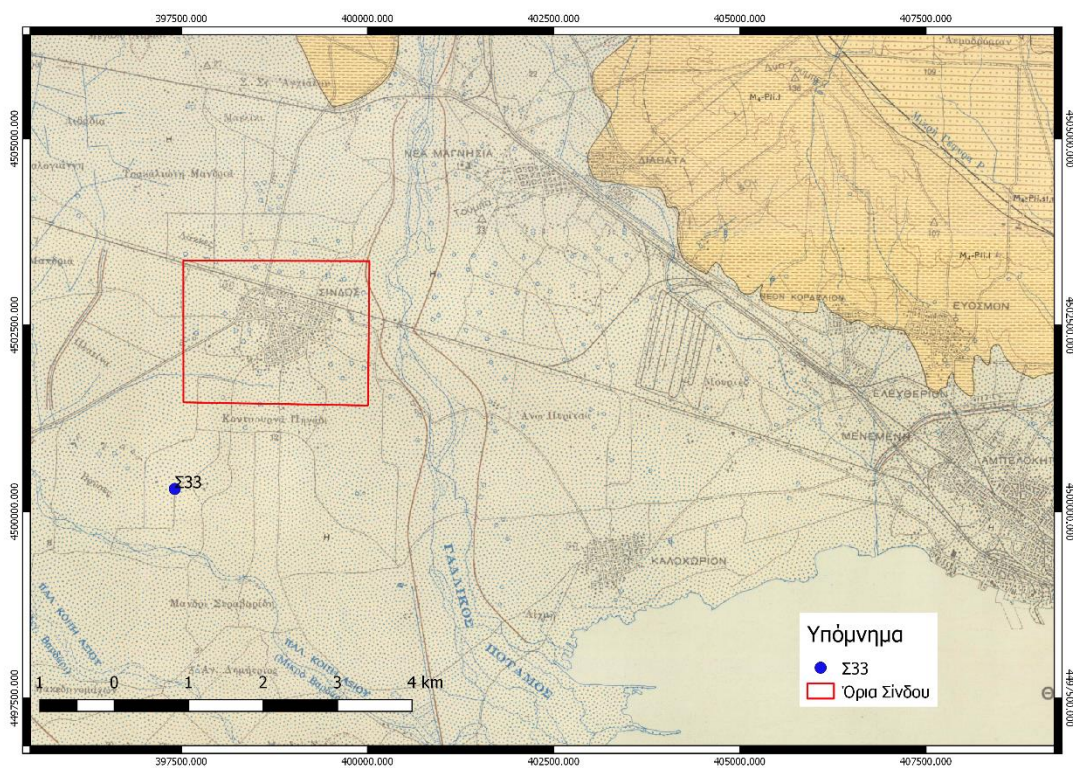


Σχήμα 6.32.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ31

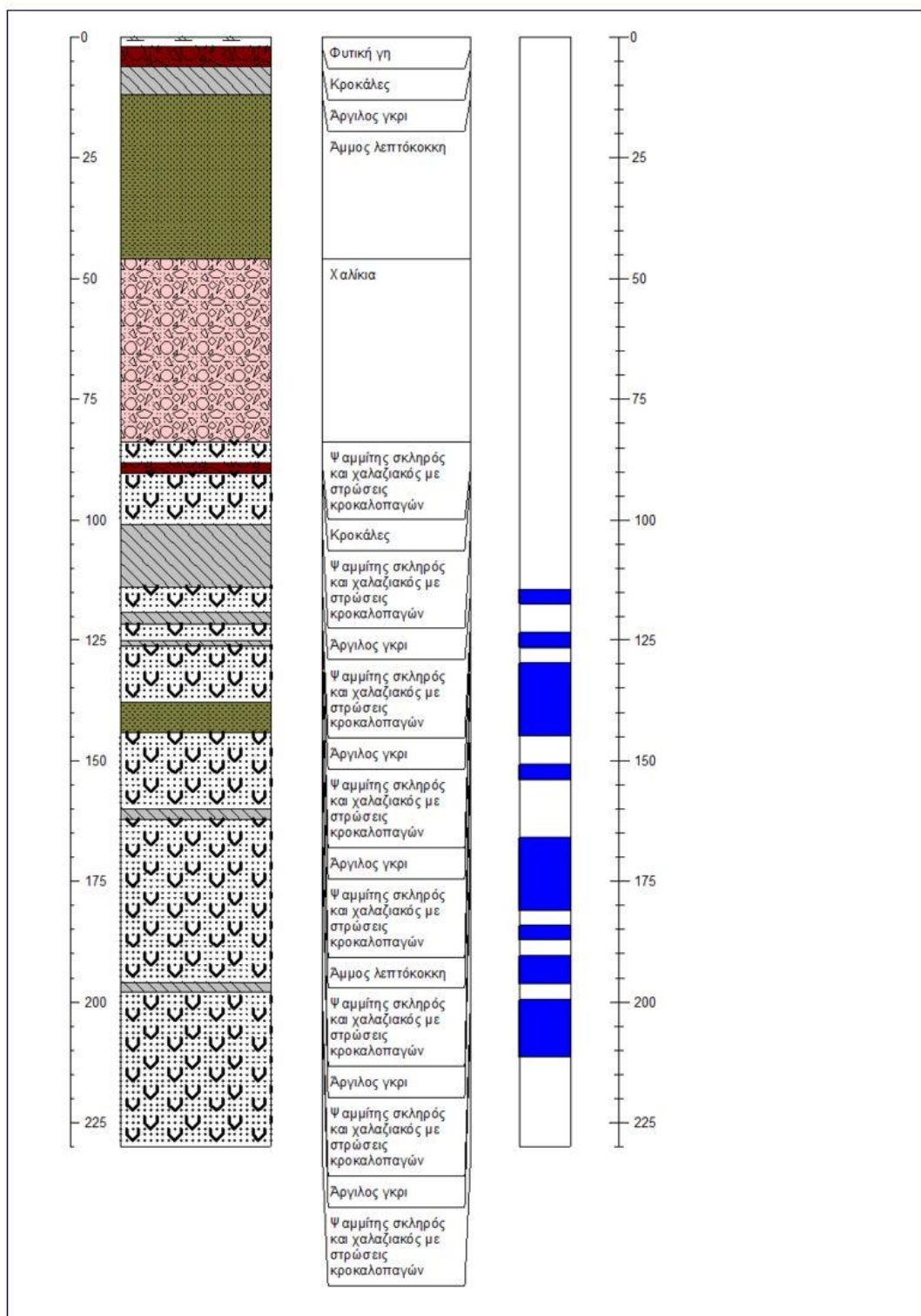
6.33 Γεώτρηση Σ33



Σχήμα 6.33.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας και δυναμικής στάθμης.

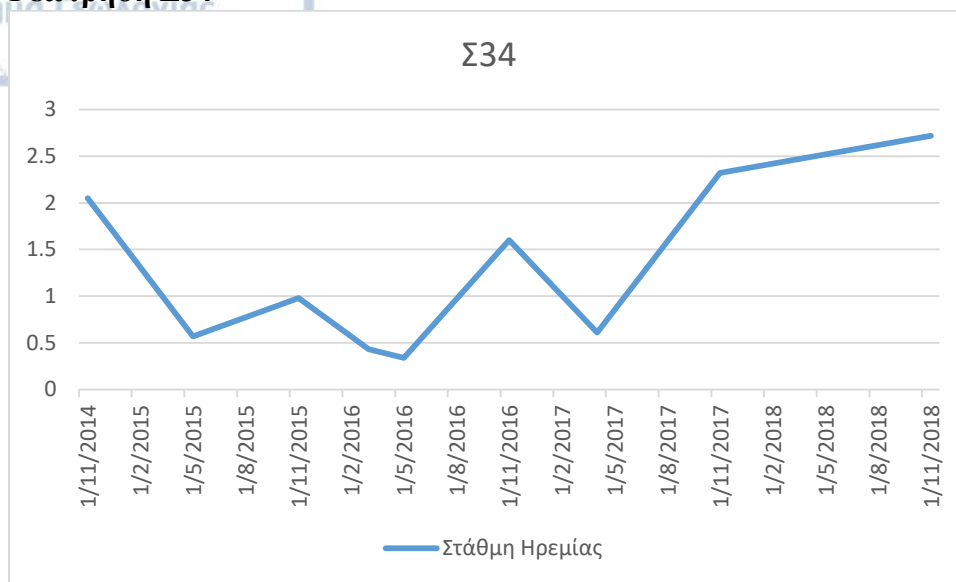


Σχήμα 6.33.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ33

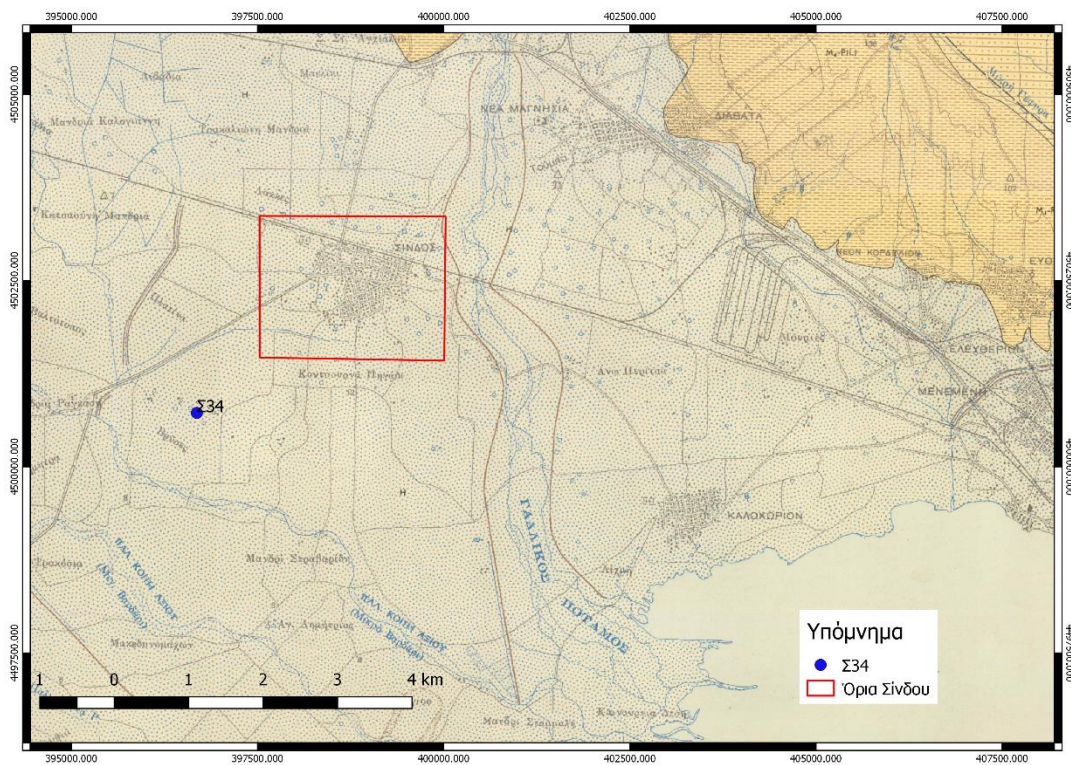


Σχήμα 6.33.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ33

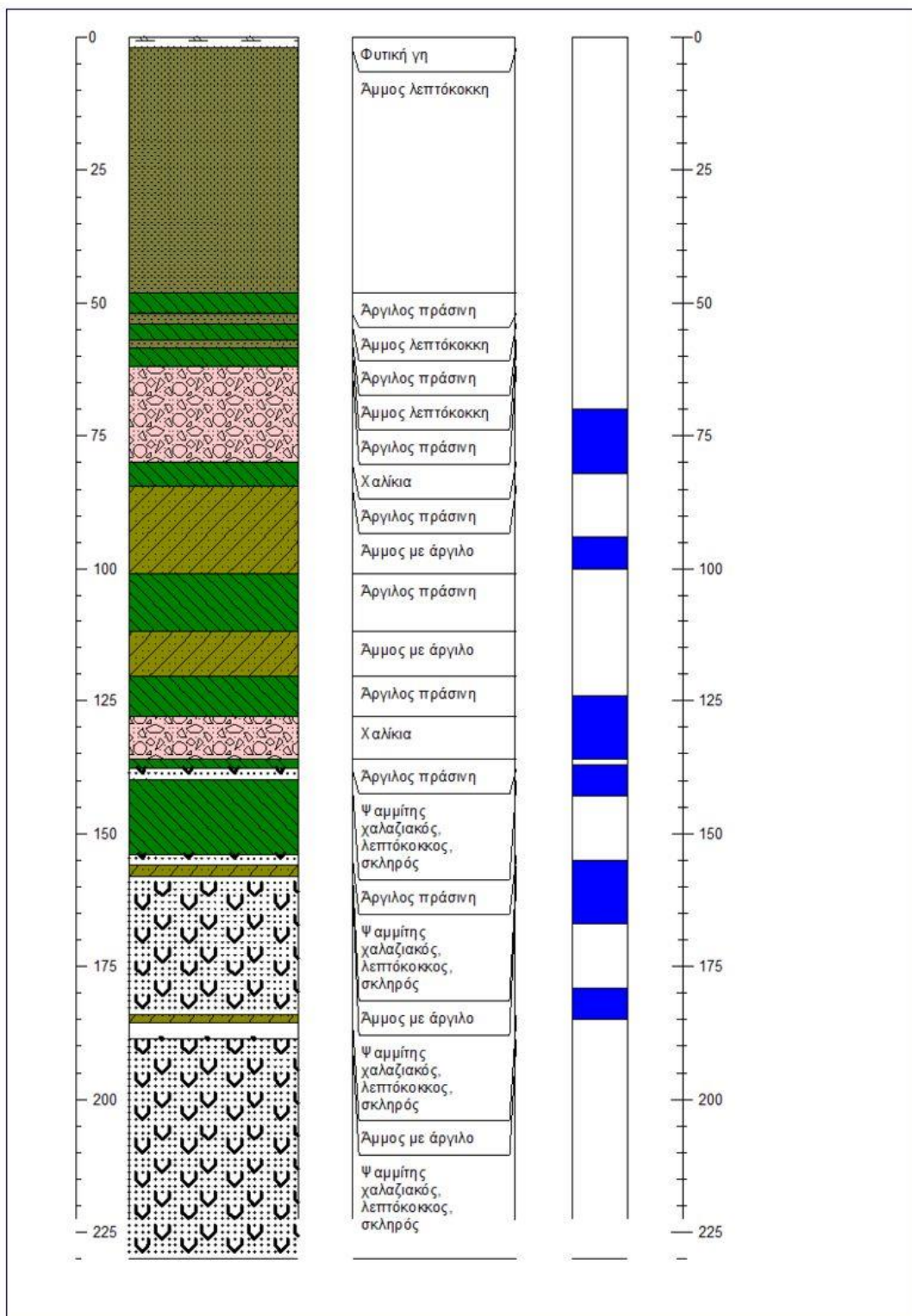
6.34 Γεώτρηση Σ34



Σχήμα 6.34.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας.

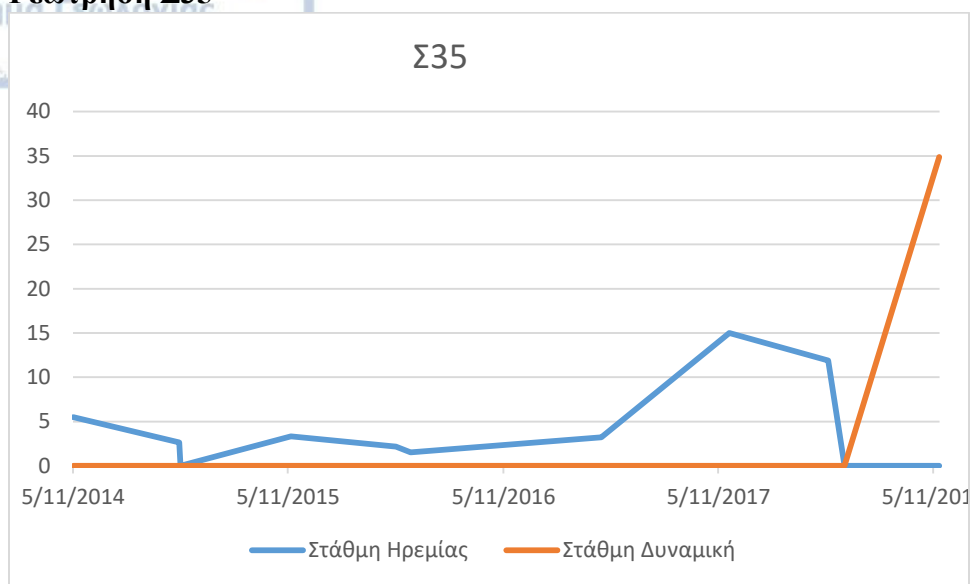


Σχήμα 6.34.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ34

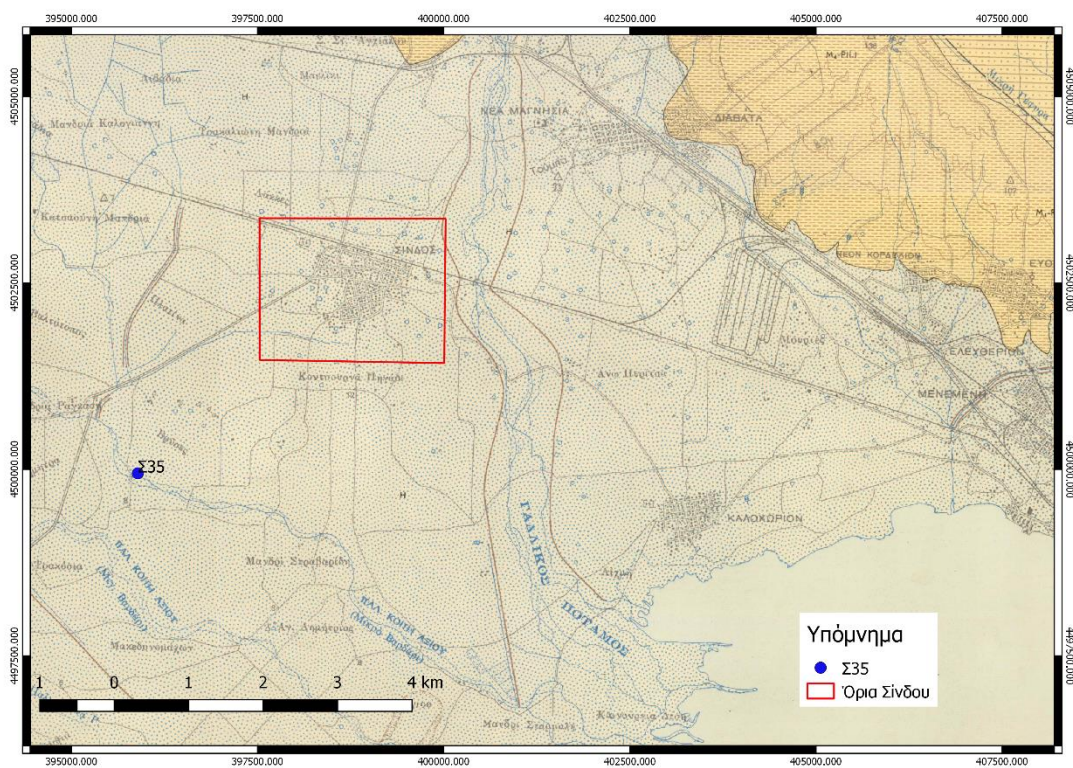


Σχήμα 6.34.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ34

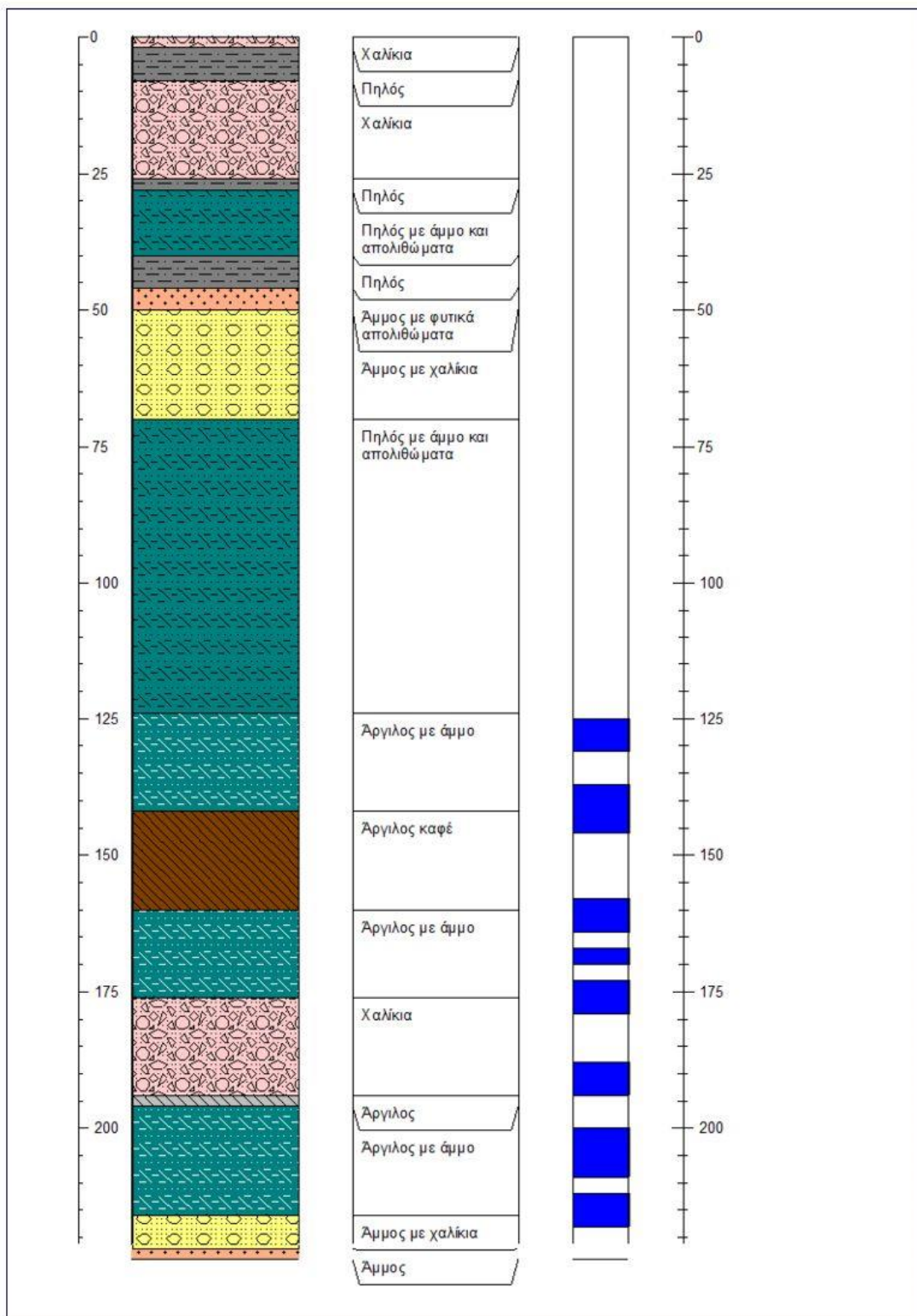
6.35 Γεώτρηση Σ35



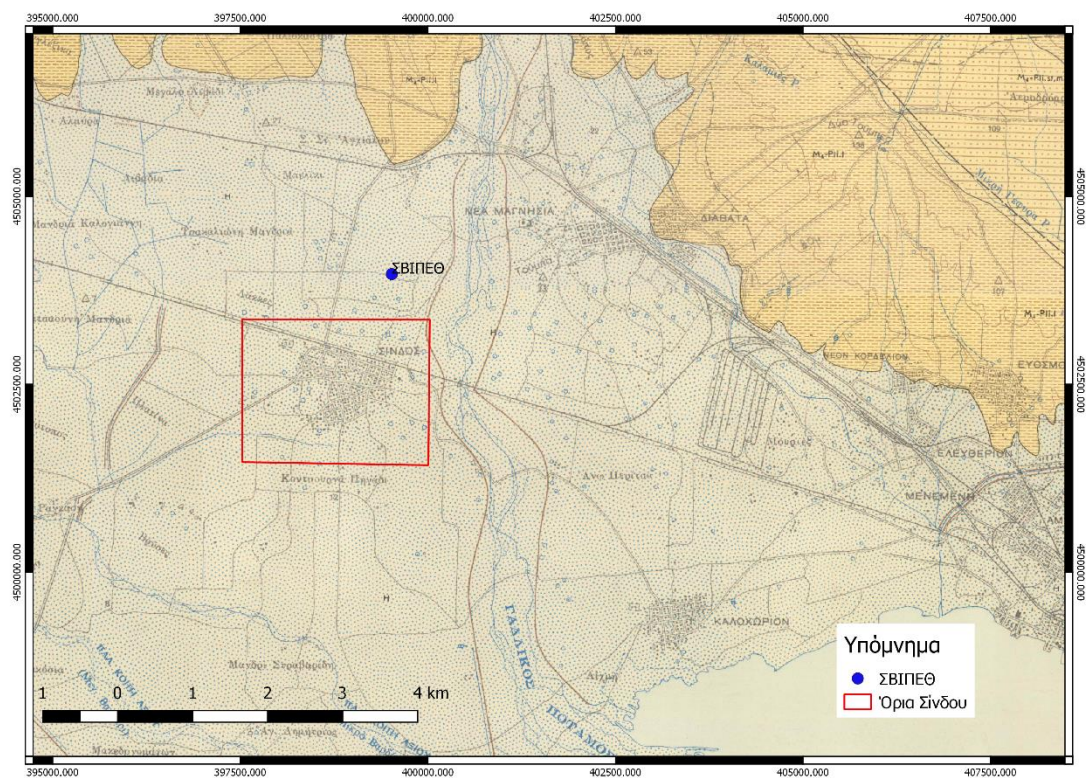
Σχήμα 6.35.1 : Πιεζομετρικό διάγραμμα γεώτρησης. Διακύμανση στάθμης ηρεμίας και δυναμικής στάθμης.



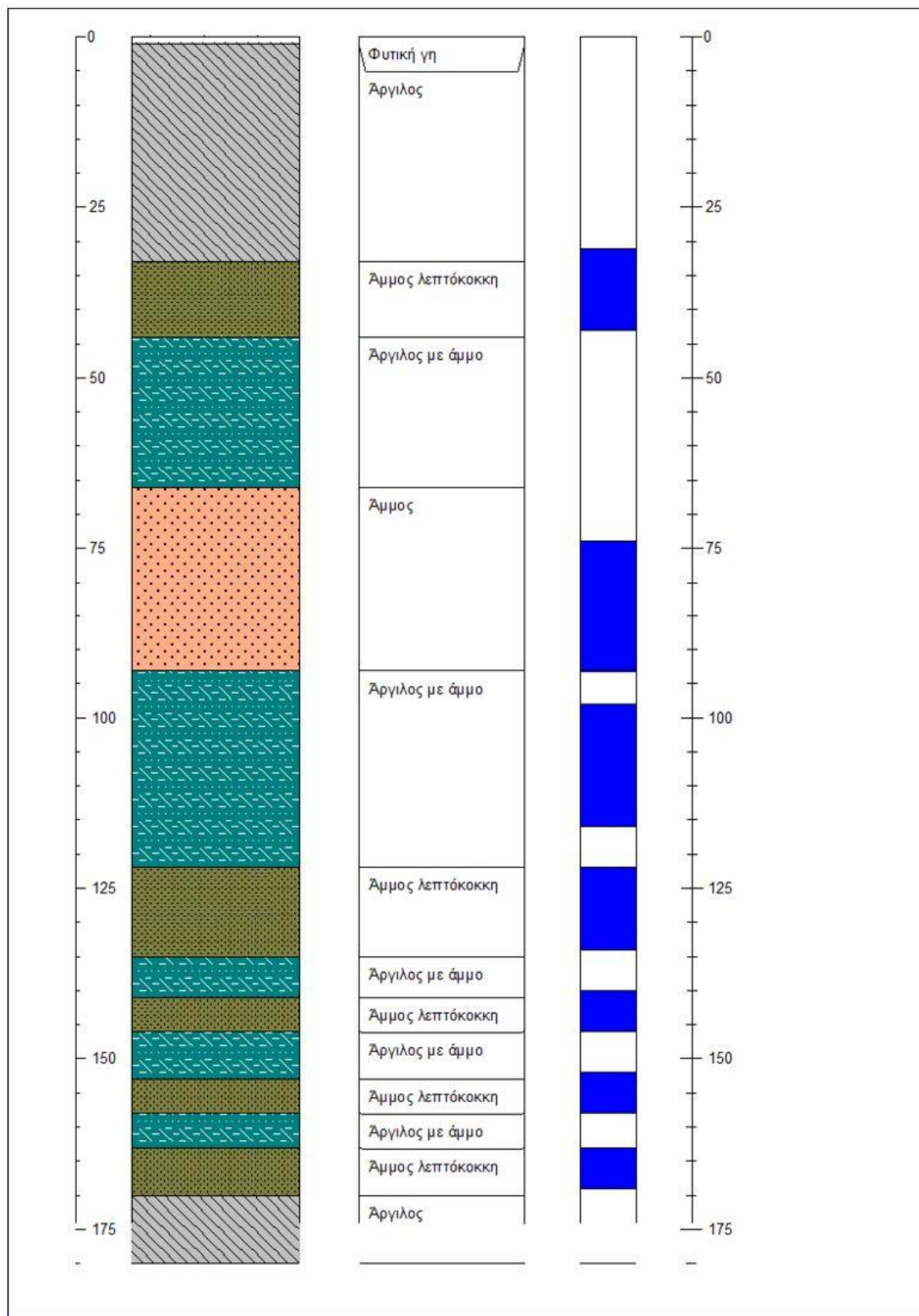
Σχήμα 6.35.2 : Χάρτης γεώτρησης Σ35



Σχήμα 6.35.3 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης Σ35



Σχήμα 6.36.1 : Χάρτης γεώτρησης ΣΒΙΠΕΘ



Σχήμα 6.36.2 : Λιθολογική τομή και φιλτροσωλήνας γεώτρησης ΣΒΙΠΕΘ



- **Βουδούρης, Κ. (2015)** : «Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειων νερών», Εκδόσεις Τζιόλα
- **Βουδούρης Κ. (2016)** : «Θέματα υδρογεωλογίας περιβάλλοντος», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- **Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης** : Αρχείο στάθμεων και χημικών στοιχείων του νερού των γεωτρήσεων της Σίνδου
- **ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ (2010)**, ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ, Αρ. Φύλλου 87, 7 Ιουνίου 2010
- **ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ (2010)**, ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ, Αρ. Φύλλου 1292, 11 Αυγούστου 2010
- **Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2014)**, «Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)», 29 Ιανουαρίου 2014
- **ΖΕΡΒΟΠΟΥΛΟΥ Α., ΠΑΥΛΙΔΗΣ Σ. (2005)** : «Μορφοτεκτονική μελέτη της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης για τη χαρτογράφηση νεοτεκτονικών ρηγμάτων.»
- **Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.)** : Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50.000, Φύλλο Θεσσαλονίκης
- **Μουντράκης Δ. (1985)** : «Γεωλογία της Ελλάδας», University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- **Μουντράκης Δ. (1994)** : «Εισαγωγή στη γεωλογία της Μακεδονίας και της Θράκης. Απόψεις για τη γεωτεκτονική εξέλιξη της ελληνικής ενδοχώρας και των εσωτερικών Ελληνίδων», Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., XXX/1
- **Μουντράκης Δ. (2010)** : «Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδος», University Studio Press, Θεσσαλονίκη



- **Τρανός Μ. (2016)** : «Γεωλογικές χαρτογραφήσεις, Γεωολογικοί χάρτες και τομές», University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Διαδικτυακές πηγές

- Google Earth
- Google Maps
- Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΑΤ) - <http://www.statistics.gr/>
- <http://qgis.org/>
- <https://www.dimosdelta.gr/>
- <http://stratus.meteo.noa.gr/>