



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ – ΈΡΕΥΝΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕ
ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ»**



Επιβλέπων Καθηγητής: Κουμαντάκης Ιωάννης

Εκπόνηση: Μητρόπαπας Αναστάσιος

Διπλωματούχος Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015

Το σχήμα του εξώφυλλου αποτελείται από τέσσερις φωτογραφίες που απεικονίζουν μια τυπική γεώτρηση στον Αργολικό κάμπο, την πηγή Κεφαλαρίου και το φράγμα του Αναβάλου στο Κιβέρι.

Στη μνήμη του Σωτήρη....

που με έμαθε να αντιμετωπίζω κάθε δυσκολία της ζωής με υπερηφάνεια και αξιοπρέπεια.

Copyright © Αναστάσιος Β. Μητρόπαπας, 2015

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το θέμα της παρούσας Μεταπτυχιακής Εργασίας διατυπώθηκε και ορίστηκε από τον Ομότιμο Καθηγητή του ΕΜΠ κ^ο Ιωάννη Κουμαντάκη και εκπονήθηκε υπό την επίβλεψή του, στο πλαίσιο του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων , (*κατεύθυνση Υδρολογία & Περιβαλλοντική Διαχείριση Υδατικών Πόρων*) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Θα ήθελα να του εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί του, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε ως προς την ανάληψη της. αλλά και για τις γνώσεις που μου μετέδωσε κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Δράπτοντας της ευκαιρίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κα. Ελένη Βασιλείου, Διδάκτορα Μηχανικό (Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών. Ε.Μ.Π., η οποία συνέβαλε στα μέγιστα στην εκπόνηση της εργασίας με τη συνεχή καθοδήγηση, τις συμβουλές, την υπομονή και τη διάθεση που επέδειξε, το χρόνο που αφιέρωσε καθώς και τη σημαντική βοήθεια που προσέφερε μέσω των γνώσεων και των συμβουλών της στα διάφορα λογισμικά προγράμματα και τις υδρογεωλογικές έννοιες, δίνοντας μου τη δυνατότητα κατανόησης και αφομοίωσής τους. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ανδρέα Καλλιώρα, Λέκτορα του τομέα Γεωλογικών επιστημών της Σχολής Μηχ. Μετ. Μετ. του Ε.Μ.Π., για τη διάθεση του να διαλευκάνει την οποιαδήποτε απορία μου και τον κ. Μαρκαντώνη Κωνσταντίνο (Ph.D. Γεωλόγος) για τη σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε στα πρώτα στάδια επεξεργασίας των χημικών αναλύσεων στο εργαστήριο.

Δεν θα μπορούσα να ξεχάσω το τμήμα Υδρο - οικονομίας της Νομαρχίας Αργολίδας με το οποίο συνεργάστηκα άριστα και ιδιαίτερα τον τεχνικό κ. Ιωάννη Κωτσαντή που με μεγάλη υπομονή και θέληση μου υπέδειξε τις περισσότερες γεωτρήσεις στο Αργολικό πεδίο.

Κλείνοντας, θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω την μητέρα μου, Ελένη, την Τόνια, τον αδελφό μου Παναγιώτη, τις αδερφές μου Γιωρίνα και Μαριβάσια για την ηθική και όχι μόνο συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο παράκτιος υδροφορέας της περιοχής του Αργολικού πεδίου με έκταση περίπου 200km² αποτελεί την κύρια πηγή για την κάλυψη των υδατικών αναγκών της περιοχής. Λόγω των ολοένα αυξανόμενων υδατικών απαιτήσεων της περιοχής εξ' αιτίας της αγροτικής ανάπτυξης που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες, κρίνεται αναγκαία η μελέτη του σημαντικού αυτού υπόγειου υδροφόρου συστήματος. Συγκεκριμένα, εξετάζεται το γεωλογικό και υδρογεωλογικό πλαίσιο της περιοχής που παρουσιάζει μια σύνθετη εικόνα και διερευνώνται οι διάφορες υδροφορίες που αναπτύσσονται στο υπέδαφός του, προκειμένου να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την υπάρχουσα κατάσταση και να προταθούν μέτρα για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας των υδάτινων συστημάτων γενικά, αλλά και για τη βελτίωση της επιβαρυμένης εικόνας που παρουσιάζει ο εν λόγω παράκτιος υδροφορέας.

Οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής περιλαμβάνουν βιβλιογραφική ανασκόπηση σε ζητήματα σχετικά με τη θαλάσσια διείσδυση, συγκέντρωση υπαρχόντων γεωλογικών, υδρολογικών, υδρογεωλογικών και κλιματικών στοιχείων από προγενέστερες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην ευρύτερη περιοχή έρευνας αλλά και έρευνα πεδίου με λήψη και επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων από τα πηγάδια και τις γεωτρήσεις της περιοχής. Οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων επεξεργάστηκαν μέσω του λογισμικού Aquachem 5.1 ενώ ο σχεδιασμός πιεζομετρικών και υδροχημικών χαρτών πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Surfer 11.0 και ArcMap10.1. Τέλος, υπολογίστηκε ο βαθμός τρωτότητας του υδροφορέα στη θαλάσσια διείσδυση σύμφωνα με το πολυκριτηριακό δείκτη GALDIT.

Καταλήγοντας, παρατίθενται συμπεράσματα για την έρευνα που διεξήχθη, αλλά και ειδικότερες επισημάνσεις, για τον πραγματοποιούμενο τεχνητό εμπλουτισμό, για τη σταδιακή επαναφορά του υδροφορέα που εξετάστηκε αλλά και τη συνδιαχείριση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων για την προστασία των υδατικών πόρων γενικά, την άνοδο της στάθμης των υδροφόρων και τη σταδιακή αποκατάσταση της υφαλμύρισης.

ABSTRACT

The coastal aquifer of Argoliko's valley with extent roughly 200 km², is the main source of water supply in the area. Due to the increasingly water needs and the consecutive rural development of the region during the last years, the study of this underground of water wagon system becomes necessary. Specifically in this study was examined the geological and hydro geological frame of region and the various aquifers that are developed in its grounds so that useful conclusions will inferred on the existing situation and measures for the guarantee of viability of aquatic systems in general and also the improvement of the overloaded picture that the coastal aquifer presents.

The work that was carried out for this thesis, includes bibliographical references in the issue of seawater intrusion, collection of geological, hydrogeological and hydrological data from past surveys (that took place in the study area) field research including collecting and processing raw data of wells and drills in the Argoliko basin. The chemical analysis was carried out in the laboratory of School of Mining and Metallurgical Engineering, NTUA. The results of chemical analysis and measurements (piezometric level, ion distribution etc.), were proceeded through Aquachem 5.1 and presented in maps through ArcMap 10.1 and Surfer 9.1 software. In addition, the GALDIT vulnerability index to seawater intrusion was calculated too.

Finally, conclusions on the conducted research and specific labeling are presented not only for the progressive reintroduction of the aquifer that was examined and the simultaneous management of the surface and underground waters for the protection of water resources in general but also for the rising level of aquifers and the progressive re-establishment of salinity.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|---|-------------|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ | v |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | vi |
| ABSTRACT | vii |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ | viii |
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
| 1.1 Γενικές Αρχές Διαχείρισης Υδατικών Πόρων | 1 |
| 1.2 Υπόγεια Νερά και Υδροφορείς | 4 |
| 1.3 Περιοχή μελέτης | 7 |
| 1.4 Προσδιορισμός προβλήματος | 8 |
| 1.5 Μεθοδολογία - Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής..... | 9 |
| 1.6 Διάρθρωση της μεταπτυχιακής διατριβής..... | 10 |
| 2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ Ν. ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ | 12 |
| 2.1 Γεωγραφία του Ν. Αργολίδας | 12 |
| 2.2 Μορφολογία του Ν. Αργολίδας | 13 |
| 2.3 Ιστορία και Μυθολογία της περιοχής | 14 |
| 2.4 Πληθυσμός νομού | 15 |
| 2.5 Διοικητική Διαίρεση..... | 16 |
| 2.6 Χρήσεις γης | 18 |
| 2.7 Παραγωγικοί τομείς | 19 |
| 2.7.1 Πρωτογενής Τομέας | 21 |
| 2.7.2 Δευτερογενής Τομέας..... | 22 |
| 2.7.3 Τριτογενής Τομέας..... | 23 |
| 2.8 Υφιστάμενες Υποδομές | 24 |
| 2.8.1 Άρδευση..... | 24 |
| 2.8.2 Ύδρευση | 25 |
| 2.9 Μετεωρολογικά - κλιματολογικά στοιχεία..... | 25 |
| 3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ | 30 |
| 3.1 Γεωμορφολογία περιοχής..... | 30 |
| 3.2 Γεωλογική δομή..... | 34 |
| 3.2.1 Γενικά..... | 34 |
| 3.2.2 Προαλπικό σύστημα | 36 |
| 3.2.3 Αλπικό σύστημα..... | 36 |
| 3.2.3.1 Ενότητα Γαβρόβου - Τρίπολης | 40 |
| 3.2.3.2 Ενότητα Πίνδου | 42 |
| 3.2.3.3 Πελαγονική Ζώνη (Ανατολικής Ελλάδας)..... | 43 |

| | |
|--|------------|
| 3.2.4 Μεταλλικά ιζήματα..... | 44 |
| 3.2.4.1 Λιθοστρωματογραφία των μεταλλικών αποθέσεων του Αργολικού πεδίου | 46 |
| 3.2.4.2 Λιθολογική σύσταση μεταλλικών αποθέσεων | 46 |
| 3.2.5 Τεκτονική..... | 49 |
| 4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ | 51 |
| 4.1 Γενικά | 51 |
| 4.2 Υδρογεωλογικές συνθήκες | 53 |
| 4.3 Υδρολιθολογική ταξινόμηση και υδροφόροι σχηματισμοί | 54 |
| 4.4 Υδροφόροι σχηματισμοί | 57 |
| 4.5 Πιεζομετρία Υδροφορέα | 58 |
| 4.5.1 Υδροφόρο σύστημα Αργολικού πεδίου..... | 59 |
| 4.6 Πιεζομετρικοί χάρτες..... | 60 |
| 4.8 Πιεζομετρία στην περιοχή μελέτης | 63 |
| 5. ΠΗΓΑΙΑ ΥΔΑΤΑ | 85 |
| 5.1 Γενικά χαρακτηριστικά των πηγών | 85 |
| 5.2 Μηχανισμοί τροφοδοσίας των πηγών | 90 |
| 5.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των πηγών..... | 92 |
| 6. ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ | 97 |
| 6.1. Ορισμός - Εισαγωγή..... | 97 |
| 6.2. Προϋποθέσεις εφαρμογής του τεχνητού εμπλουτισμού | 98 |
| 6.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του Τεχνητού Εμπλουτισμού..... | 99 |
| 6.4. Τεχνητός Εμπλουτισμός Υδροφορέων – Μέθοδοι..... | 100 |
| 6.4.1. Ποιότητα του νερού εμπλουτισμού | 100 |
| 6.5 Τεχνητός εμπλουτισμός στο Αργολικό πεδίο..... | 103 |
| 6.5.1 Πρώτη φάση | 103 |
| 6.5.2 Δεύτερη φάση | 104 |
| 6.5.3 Τεχνητός εμπλουτισμός (Ιανουάριος – Απρίλιος 2009) | 106 |
| 7. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ..... | 115 |
| 7.1 Γενικά | 115 |
| 7.2 Το πρόβλημα της υφαλμύρωσης..... | 119 |
| 7.3 Είδη υφαλμύρωσης | 122 |
| 7.4 Αίτια υφαλμύρωσης των υπόγειων νερών..... | 123 |
| 7.4.1 Γενικά..... | 123 |
| 7.4.2 Φυσικά αίτια | 123 |
| 7.4.2.1 Μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που προκύπτει από την αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος | 124 |
| 7.4.2.2 Άνοδος της στάθμης της θάλασσας | 124 |

| | |
|--|------------|
| 7.4.3 Ανθρωπογενή αίτια | 124 |
| 7.4.4 Γεωλογικά αίτια | 125 |
| 7.5 Επιπτώσεις της υφαλμύρωσης..... | 125 |
| 7.6 Μέτρα προστασίας - αντιμετώπισης της υφαλμύρωσης..... | 127 |
| 7.6.1 Γενικά..... | 127 |
| 7.6.2 Φραγμοί άντλησης | 128 |
| 7.6.3 Φραγμοί εμπλουτισμού (έγχυσης) γλυκού νερού..... | 128 |
| 7.6.4 Τεχνητοί υπόγειοι φραγμοί..... | 129 |
| 7.6.5 Έλεγχος αντλήσεων..... | 130 |
| 7.6.6 Ανακατανομή αντλήσεων | 131 |
| 7.6.7 Τροποποιημένα σχέδια αντλήσεων | 131 |
| 7.6.8 Τεχνικές αφαλάτωσης..... | 131 |
| 7.6.9 Άμεση διάθεση επιφανειακού νερού σε αντικατάσταση χρήσης του υπόγειου νερού..... | 132 |
| 7.6.10 Τεχνητός εμπλουτισμός | 132 |
| 7.7 Επαφή γλυκού-αλμυρού νερού | 133 |
| 7.8 Τρόποι προσέγγισης του φαινομένου | 134 |
| 7.9 Στατική ισορροπία διεπιφάνειας : νόμος των Ghyben και Herzberg..... | 135 |
| 7.10 Μαθηματικά μοντέλα | 138 |
| 8. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ | 140 |
| 8.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά..... | 140 |
| 8.2 Δειγματοληψία | 142 |
| 8.3 Δειγματοληψία και Εργαστηριακές μέθοδοι Ανάλυσης | 142 |
| 8.3.1 Εργαστηριακές μέθοδοι ανάλυσης..... | 145 |
| 8.4 Μελέτη υδροχημικών δεδομένων | 146 |
| 8.4.1 Υδροχημικοί χάρτες | 146 |
| 8.4.2 Συσχετικά διαγράμματα | 146 |
| 8.4.3 Υδροχημικά διαγράμματα | 146 |
| 8.4.4 Κριτήρια καταλληλότητας αρδευτικού νερού..... | 151 |
| 8.4.5 Σταθερότυπα πόσιμου νερού..... | 152 |
| 8.5 Επεξεργασία χημικών αναλύσεων μέσω του λογισμικού Aquachem..... | 155 |
| 8.5.1 Επεξεργασία δεδομένων Νοεμβρίου 2014 | 155 |
| 8.5.2 Υδροχημικοί χάρτες | 164 |
| 9. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ GALDIT | 175 |
| 9.1 Τρωτότητα υπόγειων υδροφορέων | 175 |
| 9.2 Γενική περιγραφή της μεθόδου..... | 178 |
| 9.3 Περιγραφή παραμέτρων - δεικτών | 181 |

| | |
|---|------------|
| 9.4 Υπολογισμός της τρωτότητας του αλλουβιακού υδροφορέα του Αργολικού πεδίου | 185 |
| 9.4.1 Προσδιορισμός της συνολικής βαρύτητας των παραμέτρων GALDIT για την υδρολογική λεκάνη της περιοχής μελέτης..... | 185 |
| 10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ..... | 201 |
| 10.1 Σύνοψη | 201 |
| 10.2 Προτάσεις – Μέτρα προστασίας για βιώσιμη διαχείριση του υδάτινου δυναμικού στην Αργολίδα..... | 205 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 210 |
| Ελληνική Βιβλιογραφία | 210 |
| Ξένη Βιβλιογραφία | 212 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ | 215 |

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικές Αρχές Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

Η ανάγκη για όλο και μεγαλύτερη αξιοποίηση των υδατικών πόρων προκύπτει από την αύξηση του πληθυσμού και τις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες σε νερό και τροφή αλλά και από την ανάπτυξη που δημιουργεί δραστηριότητες και επομένως μεγαλύτερες ποσότητες νερού.

Τα φαινόμενα αυτά αν συνδυαστούν με την εξαιρετικά περιορισμένη ποσότητα γλυκού νερού στον πλανήτη μας (περίπου 0.33% της συνολικά εκτιμωμένης ποσότητας νερού στη γη) κάνουν επιτακτική την ανάγκη ανάπτυξης συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης που αποβλέπουν στη βέλτιστη διάθεση των υδατικών πόρων, αυτό που σήμερα ονομάζεται Διαχείριση Υδατικών Πόρων (ΔΥΠ).

Διαχείριση Υδατικών Πόρων (ΔΥΠ) νοείται μια δυναμική διαδικασία που αποβλέπει στην πληρέστερη δυνατή κάλυψη των σημερινών και μελλοντικών αναγκών για κάθε χρήση με βάση έναν ορθολογικό προγραμματισμό που στηρίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια και διαδικασίες. Η Δ.Υ.Π. μπορεί να χρησιμεύσει αφενός στην προετοιμασία σχεδίων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, που να εξασφαλίζουν τη συνετή χρήση του νερού σήμερα αλλά και στο μέλλον, και αφετέρου έχει την ευθύνη της εφαρμογής των σχεδίων με διοικητικά μέτρα και κανονισμούς, καθώς και με τον συντονισμό της κατασκευής υδραυλικών έργων (Γ. Τσακίρης ,1995).

Είναι προφανές ότι η Δ.Υ.Π. είναι μια συνεχής διαδικασία με χρονικό ορίζοντα πολύ μεγαλύτερο από τη μελέτη, την κατασκευή και τη διάρκεια (ορίζοντα) ζωής ενός υδραυλικού έργου. Συνήθως η Δ.Υ.Π. αναφέρεται σε έκταση που καλύπτει περισσότερα του ενός υδραυλικά έργα. Επομένως, παρά το γεγονός ότι χρονικά προηγήθηκαν τα διάφορα υδραυλικά έργα, η Δ.Υ.Π. υπερέχει και στο χώρο των υδραυλικών έργων και επομένως είναι ιεραρχικά υψηλότερα. Σε πολλές περιπτώσεις και περιοχές του κόσμου δεν γίνεται διαχείριση υδατικών πόρων ή γίνεται υποτυπώδης διαχείριση. Συνήθως δεν εφαρμόζεται η Δ.Υ.Π. όπου υπάρχει χαμηλή επικινδυνότητα στην έλλειψη νερού και στη ρύπανση των υδατικών πόρων. Αντίθετα, όσο η πίεση για απαιτήσεις μεγαλώνουν και η χρήση του νερού δημιουργεί και άλλα προβλήματα, η Δ.Υ.Π. αποκτά περιεχόμενο και συγκεντρώνει την προσοχή του μεγάλου κοινού (Γ. Τσακίρης ,1995).

Οι βασικοί κανόνες διαχείρισης των υδατικών πόρων στηρίζονται στη συνετή χρήση του νερού τώρα και στο μέλλον με αρχές δικαίου και στόχο την διατήρηση των πόρων.

Εντελώς επιγραμματικά οι βασικοί κανόνες διαχείρισης είναι:

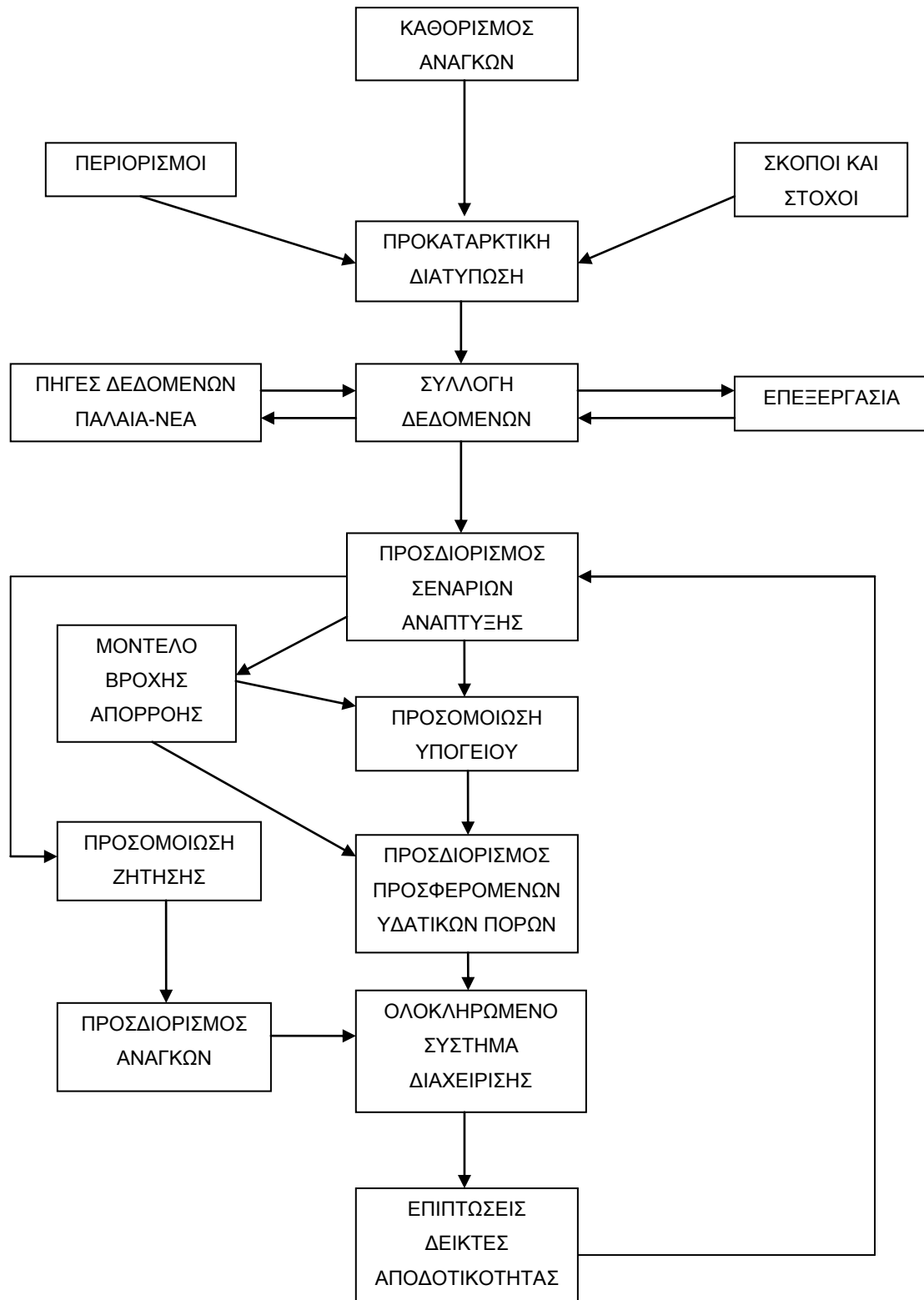
- Ισομερής κατανομή μεταξύ των χρηστών με βάση αντικειμενικά κριτήρια.
- Οικονομική βελτιστοποίηση της χρήσης του νερού τώρα και στο μέλλον.
- Αποφυγή βλαβών και άλλων αρνητικών συνεπειών (όπως καταστροφή πόρων και περιβάλλοντος).
- Βιωσιμότητα της ανάπτυξης (long-term sustainability of the development)(Γ.Τσακίρης,1995).

Η αξιοποίηση των υδατικών πόρων μιας περιοχής προϋποθέτει τη γνώση της ποσότητας του νερού, που είναι διαθέσιμη για διάφορες χρήσεις στη συγκεκριμένη περιοχή. Αυτή ακριβώς η ποσότητα αποτελεί το σύνολο των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Για να εκτιμηθούν ποσοτικά οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι απαιτείται να προσδιορίζονται τα μεγέθη που εκφράζουν τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους και την αβεβαιότητα τους μέσα σε έναν χρονικό και χωρικό ορίζοντα (Ι. Ναλιμπάντης – Γ. Τσακίρης, 2006).

Η διαχείριση υδατικών πόρων αναδεικνύεται σε θέμα σημαντικό για την Ελλάδα γιατί σχετίζεται άμεσα με :

- τον βέλτιστο τρόπο κάλυψης της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης νερού και
- την εξασφάλιση οικολογικής ισορροπίας στο υδατικό και φυσικό περιβάλλον.

Γίνεται, λοιπόν, φανερό πώς η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου σχεδίου αξιοποίησης υδατικών πόρων αποτελεί επιτακτική ανάγκη για κάθε περιοχή εξασφαλίζοντας έτσι κάθε φορά τις απαραίτητες ποσότητες νερού για την κάλυψη των αναγκών της περιοχής με ταυτόχρονη εξασφάλιση της ανανέωσης των αποθεμάτων και της προστασίας του περιβάλλοντος.



Σχήμα 1.1: Διάγραμμα ροής των διαφόρων σταδίων ενός συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων (Γ. Τσακίρης, 2006).

1.2 Υπόγεια Νερά και Υδροφορείς

Το νερό που υπάρχει στη φύση και που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο για διάφορες χρήσεις, για ύδρευση πόλεων και χωριών, για άρδευση καλλιεργούμενων εδαφών και για τη βιομηχανία, βρίσκεται σε δύο μορφές: ως επιφανειακό και ως υπόγειο νερό. Επιφανειακό είναι το νερό των λιμνών και των ποταμών, ενώ υπόγειο νερό είναι αυτό που κινείται και αποθηκεύεται μέσα στο έδαφος και ειδικότερα στους πόρους των εδαφών, που για το λόγο αυτό λέγονται και υδροφορείς.

Οι υπόγειοι υδροφορείς αποτελούν το σημαντικότερο εκμεταλλεύσιμο υδάτινο πόρο, αφού ο όγκος των υπογείων νερών αντιστοιχεί στο 98% του συνολικού εκμεταλλεύσιμου υδάτινου όγκου και για το λόγο αυτό χρήζουν ευαίσθητης και ιδιαίτερης διαχείρισης για την ποιοτική αλλά και ποσοτική προστασία τους. Το υπόγειο νερό κινείται μέσα στα διάκενα εδαφών ή πετρωμάτων που χαρακτηρίζονται ως υδατοπερατά. Οι όγκοι των γεωλογικών σχηματισμών στους οποίους μπορεί να κινηθεί το υπόγειο νερό ονομάζονται υδροφορείς ή υδροφόρα στρώματα (Π. Λατινόπουλος, 1995). Η κίνηση αυτή του νερού γίνεται κατακόρυφα στην ακόρεστη ζώνη και οριζόντια στην κορεσμένη ζώνη. Τα περισσότερα προβλήματα, ωστόσο, που αφορούν στη διαχείριση των υπόγειων υδατικών πόρων αναφέρονται στους υδάτινους όγκους που κινούνται στη ζώνη κορεσμού και τα σχετικά φαινόμενα που παρατηρούνται στη ζώνη αυτή.

Ενώ από τους παραπάνω ορισμούς ο διαχωρισμός μεταξύ του επιφανειακού και υπόγειου νερού είναι ξεκάθαρος, στην πραγματικότητα σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει σύνδεση των δύο αυτών υδατικών πόρων. Έτσι, όταν ο πυθμένας μιας λίμνης ή η κοίτη ενός ποταμού που βρίσκεται σε επαφή με έναν υπόγειο υδροφορέα δεν είναι τελείως φραγμένα από λεπτόκοκκα στεγανά υλικά, αν δηλαδή με άλλα λόγια υπάρχει υδραυλική επικοινωνία μεταξύ λίμνης ή ποταμού και υδροφορέα, τότε, ανάλογα με το ύψος του νερού στους δύο υδάτινους όγκους, δημιουργείται ροή από ή προς τον υδροφορέα.

Τα υπόγεια νερά έχουν ορισμένα ιδιαιτέρα χαρακτηριστικά που είναι σκόπιμο να απαριθμηθούν (Wiener, 1972):

- *Κατανομή στο χώρο.* Ενώ τα επιφανειακά νερά εμφανίζονται είτε σημειακά(πηγές) είτε ακολουθούν συγκεκριμένη πορεία(ποτάμια) και η αξιοποίησή τους απαιτεί την κατασκευή των υδραυλικών εγκαταστάσεων και άρα τη δυνατότητα χρήσης του νερού μόνο σε συγκεκριμένα τμήματα αυτών των υδάτινων δρόμων, τα υπόγεια νερά, όπου υπάρχουν, καταλαμβάνουν τεράστιες εκτάσεις. Το αποτέλεσμα είναι ότι στις περιοχές ζήτησης νερού

αρκεί μια σειρά γεωτρήσεων και απευθείας άντληση από τον υποκείμενο υδροφόρα, κάτι που γίνεται και σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

- *Παροχές και διαθέσιμα αποθέματα.* Η χρονική μεταβλητότητα στην παροχή επιφανειακών νερών είναι μεγάλη. Μάλιστα το αξιοσημείωτο είναι ότι οι ελάχιστες τιμές των παροχών συνυπάρχουν με τις μέγιστες τιμές της ζήτησης. Αντίθετα, οι εποχιακές μεταβολές ελάχιστα επηρεάζουν τις στάθμες των υπόγειων νερών σε σύγκριση πάντα με το κορεσμένο σε νερό πάχος του υδροφόρα. Έτσι, τα υδάτινα αποθέματα που αποθηκεύονται στους υπόγειους υδροφορείς είναι τεράστια και μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες σε οποιαδήποτε χρονική περίοδο. Ακόμα και σε περιόδους αιχμής η ρύθμιση των αποθεμάτων μπορεί να γίνει με μεταβολή των αντλούμενων παροχών των πηγαδιών άντλησης ή και φόρτισης που βρίσκονται σε λειτουργία.
- *Ετήσια και εποχιακή μεταβλητότητα.* Οι μεταβολές των επιφανειακών νερών σε ετήσια αλλά και εποχιακή βάση είναι πολύ πιο έντονες από αυτές των υπόγειων νερών. Αυτό σημαίνει ή ότι χάνονται μεγάλες ποσότητες επιφανειακών νερών στις περιόδους της μικρής ζήτησης ή ότι κατασκευάζονται πανάκριβα υδραυλικά έργα για την αποθήκευση των όγκων που πλεονάζουν για να χρησιμοποιηθούν στις εποχές της μεγάλης ζήτησης. Αντίθετα, η αποθήκευση των υπόγειων νερών γίνεται στους ίδιους τους υδροφορείς και οι ελάχιστες απώλειες από ψηλές στάθμες ελέγχονται με αντλήσεις.
- *Ενέργεια.* Το λειτουργικό κόστος των πηγαδιών είναι σημαντικό ενώ είναι πολύ χαμηλό το κόστος των εγκαταστάσεων.
- *Ποιότητα του νερού.* Σε γενικές γραμμές τα υπόγεια νερά είναι λιγότερο εκτεθειμένα στη ρύπανση ή μόλυνση από ό,τι τα επιφανειακά. Όμως, μια ρύπανση, για παράδειγμα από διαρροή σωλήνων αποχέτευσης ή από σηπτικούς βόθρους ή κάποια διαρροή πετρελαιοειδών μπορούν να δημιουργήσουν καταστάσεις που θα έλεγε κανείς ότι αφορούν μη αντιστρεπτές διαδικασίες ή πολύ δύσκολες και ακριβές για αποκατάσταση. Με άλλα λόγια ο καθαρισμός των μολυσμένων υπόγειων νερών είναι πάρα πολύ ακριβός έως σχεδόν αδύνατος. Εκτός όμως από την αδυναμία συχνά καθαρισμού του νερού μέσα στο έδαφος υπάρχει και ένα δεύτερο σοβαρό πρόβλημα που προκύπτει από μια συγκεκριμένη μόλυνση: το γεγονός ότι η ταχύτητα κίνησης του υπόγειου νερού είναι πολύ μικρή έχει ως συνέπεια την παραμονή των μολυσμένων όγκων νερού στο έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα, προτού δηλαδή αντληθούν ή καταλήξουν με φυσική ροή σε κάποιο υδατόρευμα. Τελικά λοιπόν, ενώ τα υπόγεια νερά προστατεύονται

περισσότερο, αν ρυπανθούν καθαρίζονται δυσκολότερα από τα επιφανειακά. Τέλος, για ειδικές περιπτώσεις ρυπαντών που μεταφέρονται με τα υπόγεια νερά, το πέρασμα από τα πορώδη εδάφη είναι ευεργετικό. Αυτό γιατί με την προσρόφηση και την ανταλλαγή ιόντων, φαινόμενα που γίνονται εξαιτίας της παρουσίας της στερεάς φάσης του εδάφους, οι μολυσματικές ουσίες παραμένουν στο έδαφος και έτσι ο υδροφορέας λειτουργεί ως ένα είδος φίλτρου. Ακόμα διάφοροι βακτηριακοί μικροοργανισμοί πεθαίνουν παραμένοντας για αρκετό διάστημα στο έδαφος και υπέδαφος, γεγονός που οφείλεται στις πολύ μικρές ταχύτητες κίνησης του υπόγειου νερού.

- *Επιπτώσεις στη στράγγιση εδαφών.* Σε εδάφη που αρδεύονται η στράγγιση του πλεονάσματος νερού είναι απαραίτητη για την προστασία των καλλιεργειών αλλά και του ίδιου του εδάφους. Έτσι, ο υποβιβασμός της στάθμης των υπόγειων νερών που προκαλείται από αντλήσεις εκμετάλλευσης ενός υδροφορέα έχει μια πρόσθετη ευεργετική επίδραση στη στράγγιση των εδαφών αλλά ταυτόχρονα και τη μεταφορά ρύπων της ακόρεστης ζώνης.
- *Καθίζηση εδαφών.* Η άντληση από έναν υδροφορέα όπου το υπόγειο νερό βρίσκεται σε πίεση αυξάνει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των κόκκων. Έτσι, όταν στον υδροφορέα υπάρχουν αργιλικά ή ιλυώδη στρώματα η συμπίεση τους γίνεται αισθητά μεγάλη και πολλές φορές προκαλεί καθίζηση του συγκεκριμένου εδάφους.

Γίνεται, λοιπόν, φανερό ότι ένας υδροφορέας είναι μία μονάδα υδατικού συστήματος, μονάδα που μπορεί να ικανοποιήσει και άλλους σκοπούς, εκτός από το να αποτελεί απλά μια πηγή παροχής νερού. Οι πολλαπλές λειτουργίες ενός υδροφορέα είναι οι εξής (Bear, 1979):

- *Πηγή παροχής νερού.* Είναι η πιο βασική αλλά και προφανής λειτουργία. Σε ετήσια βάση οι βροχοπτώσεις ανανεώνουν τα νερά του υδροφορέα έτσι, ώστε τα υπόγεια νερά να μπορούν να θεωρηθούν ως ανανεώσιμοι πόροι. Η επαναπλήρωση του υδροφορέα μπορεί να γίνει ακόμα και από γειτονικά επιφανειακά νερά ποταμών ή λιμνών. Κάτω από φυσικές συνθήκες υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ εισόδου και εξόδου υδάτινων όγκων από το σύστημα του υδροφορέα. Οι αντλήσεις διαταράσσουν αυτό το ισοζύγιο, όμως καθώς ουσιαστικά αφαιρούν όγκους νερού που αλλιώς θα επαναπλήρωναν τα υδατικά αποθέματα στο τέλος έχουν ως συνέπεια τη μείωση των όγκων που βγαίνουν από το σύστημα. Δημιουργείται λοιπόν και πάλι μια ισορροπία στον υδροφορέα που λειτουργεί σαν πηγή παροχής νερού.

- *Δεξαμενή αποθήκευσης.* Οι φρεάτιοι υδροφορείς προσφέρονται θαυμάσια για τη λειτουργία αυτή εξαιτίας της μεγάλης τους έκτασης και γενικά του συνολικού όγκου των διάκενων των εδαφών. Με την τεχνική του τεχνικού εμπλουτισμού είναι δυνατό να αυξηθεί ακόμα περισσότερο η αποθηκευτική ικανότητα των υδροφορέων.
- *Ο υδροφορέας σαν αγωγός μεταφοράς.* Η λειτουργία αυτή είναι δυνατή μόνο με την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα αφού προϋποθέτει τον έλεγχο της κίνησης του νερού με μεταβολή των υδραυλικών κλίσεων στον υδροφορέα. Μια τέτοια παρέμβαση είναι για παράδειγμα η εισαγωγή νερού με πηγάδια φόρτισης.
- *Ο υδροφορέας σαν φίλτρο καθαρισμού.* Διάφορες τεχνικές τεχνητού εμπλουτισμού μπορούν να εφαρμοστούν με αποκλειστικό στόχο τη λειτουργία υδροφορέα σαν φίλτρο καθαρισμού μολυσμένου νερού. Το κοινό στοιχείο κάθε μεθοδολογίας είναι ότι χρησιμοποιούνται οι σχετικές ιδιότητες καθαρισμού που έχουν οι υδροφορείς και που οφείλονται τόσο στη στερεά φάση (προσρόφηση κτλ.) όσο και στις πολύ μικρές ταχύτητες ροής των μολυσμένων νερών.
- *Έλεγχος ροών υδατορευμάτων.* Αυτός γίνεται στα ποτάμια αλλά και στις πηγές με τη ρύθμιση της στάθμης των υπογείων νερών στους υδροφορείς που επικοινωνούν υδραυλικά μαζί τους.

1.3 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή έρευνας επικεντρώνεται στο Αργολικό πεδίο το οποίο περιλαμβάνει ποικίλα υδατικά συστήματα, βασικό χαρακτηριστικό των οποίων είναι οι παράκτιοι αλλουβιακοί υδροφόροι σχηματισμοί που πλαισιώνονται από καρστικούς υδροφόρους και πηγαία ύδατα.

Η περιοχή του Αργολικού πεδίου ανήκει στο νομό Αργολίδος και η συνολική έκταση της γεωργικής γης ανέρχεται σε 18.300 Ha. Η περιοχή ευρίσκεται Βόρεια και Ανατολικά της πόλης του Άργους και εκτείνεται Νοτιοανατολικά αυτής μέχρι την πόλη του Ναυπλίου. Είναι επίπεδη με ελάχιστες κλίσεις και καλλιεργείται εντατικά με κυριαρχούσα καλλιέργεια τα εσπεριδοειδή.

Στον παρακάτω χάρτη οριοθετείται η περιοχή μελέτης με τον κωδικό υδροφόρου συστήματος 0302 σύμφωνα με το ερευνητικό έργο του ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών) «καταγραφή και αποτίμηση των υδρογεωλογικών χαρακτήρων των υπόγειων νερών και υδροφόρων συστημάτων της χώρας».



Σχήμα 1.2: Υπόγεια υδροφόρα συστήματα (Πηγή ΙΓΜΕ, σύνταξη Π. Σαμπατακάκης, Δ. Μαραβέγιας)

1.4 Προσδιορισμός προβλήματος

Πριν από 50 χρόνια ο Αργολικός κάμπος ήταν μια εύπορη περιοχή που έμοιαζε με πολλές παράλιες περιοχές της Μεσογείου. Ο κάμπος ήταν γεμάτος πλούσια χωράφια, αμπελώνες κάλυπταν τις χαμηλές πλαγιές, ενώ στις υψηλότερες έβοσκαν αιγοπρόβατα. Από τότε, η εντατική γεωργία σε συνδυασμό με τις ανάγκες του τουρισμού και τις νέες οικονομικές προσεγγίσεις υπονόμισαν την οικονομία και το περιβάλλον της περιοχής. Σε ορισμένες περιοχές τα δέντρα άρχισαν να κιτρινίζουν, η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα άρχισε να πέφτει με ρυθμό επτά μέτρα τον χρόνο και η θάλασσα άρχισε να εισρέει στους υπόγειους υδροφορείς.

Η υφαλμύρωση του Αργολικού πεδίου άρχισε να γίνεται αισθητή στις αρχές της δεκαετίας του 1960 μετά από την αλματώδη ανάπτυξη των αρδευόμενων καλλιεργειών και ιδιαίτερα των εσπεριδοειδών. Ήταν εντονότερη στις ανατολικές περιοχές της Αργολικής πεδιάδας, στην περιοχή των οικισμών Ν. Τίρυνθα και Άρια καθώς και ανατολικότερα στην αλλουβιακή περιοχή της Ασίνης - Δρέπανου – Τολού).

Ένα άλλο μέτωπο υφαλμύρωσης το οποίο έχει εκδηλωθεί την τελευταία δεκαετία είναι το ΒΑ τομέα στην περιοχή των οικισμών Μάνεσι - Μιδέα - Αμυδαλίτσα - Μοναστηράκι. Οι γεωτρήσεις που βρίσκονται σε αυτή την περιοχή δεν καταλήγουν στους υδροφόρους σχηματισμούς των Τεταρτογενών αποθέσεων του Αργολικού πεδίου αλλά σε καρστικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Ανατολικής Ελλάδας . Η παρουσία της εκτεταμένης ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης Α - Δ στο βόρειο τμήμα του

Αραχναίου δικαιολογεί μια τέτοια κίνηση θαλάσσιου ύδατος από τον Σαρωνικό κόλπο πιθανόν τύπου πιστονιού (*Piston flow*) δια μέσου των ρηγμάτων.

Ένα εξίσου σημαντικό πρόβλημα που έχει εκδηλωθεί τα τελευταία χρόνια στο Αργολικό πεδίο είναι η νιτρορύπανση. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στη ρύπανση από επιστρεφόμενες αρδευτικές ροές καθώς και σε ρύπανση από την ανεξέλεκτη απόρριψη διαφόρων ειδών αποβλήτων (π.χ στερέα, υγρά αστικά απόβλητα) στις κοίτες των χειμάρρων.

Στο Αργολικό πεδίο έχουν προσδιοριστεί στα πλαίσια διαφόρων χημικών αναλύσεων τα κύρια ανιόντα και κατιόντα καθώς και συγκεντρώσεις διαφόρων ιχνοστοιχείων που αποτελούν δείκτες ρύπανσης των υπόγειων νερών από αγροτικές καθώς και από άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Από τις αναλύσεις αυτές προκύπτει ότι τα υπόγεια νερά επιβαρύνονται σε ανησυχητικό βαθμό τα τελευταία χρόνια από νιτρικά ιόντα, σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν σημαντικά τόσο τα ελληνικά όσο και τα διεθνή όρια ποσιμότητας.

Η ποσοτική αλλά και η ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων νερών του Αργολικού πεδίου στις αρχές της δεκαετίας του 1960, οδήγησε από τότε το ενδιαφέρον των αρμόδιων φορέων σε ερευνητικές προσπάθειες που αποσκοπούσαν κυρίως στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών της περιοχής καθώς και στη λήψη κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπιση της υποβάθμισής τους. Σε ότι αφορά στα υπόγεια νερά οι σχετικές έρευνες που ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960, αφορούσαν κυρίως σε συλλογή στρωματογραφικών δεδομένων, σε πειράματα τεχνητού εμπλουτισμού καθώς και σε τακτικές μετρήσεις υδροστατικής στάθμης και ποιότητας των υπόγειων νερών σε ένα ευρύ δίκτυο σημείων ελέγχου. Παρόμοιες έρευνες συνεχίστηκαν στα πλαίσια πρόσφατων ερευνητικών προγραμμάτων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (1996-2000).

1.5 Μεθοδολογία - Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η διερεύνηση του υδρογεωλογικού καθεστώτος του Αργολικού πεδίου, η σύνθεση και επεξεργασία των διαθέσιμων υδρογεωλογικών και υδρολογικών δεδομένων και η χρήση των κατάλληλων ποσοτικών εργαλείων και μεθόδων για την περιγραφή της ποσοτικής και ποιοτικής κατάστασης του υδροφόρου συστήματος της περιοχής με απότερο σκοπό την εκτίμηση των εκμεταλλεύσιμων υδατικών αποθεμάτων και την βέλτιστη αξιοποίηση και διαχείρισή τους (Σχήμα 1.1).

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει συγκέντρωση, ανάλυση και αξιολόγηση των δεδομένων όλων των προγενέστερων ερευνών καθώς και περαιτέρω δική μας έρευνα με την συλλογή πρόσφατων δεδομένων με μετρήσεις υπαίθρου (πραγματοποιήθηκαν 167 μετρήσεις στάθμης) και ανάλυση δειγμάτων νερού (πάρθηκαν και αναλύθηκαν 60 δείγματα νερού) έτσι ώστε να αναπτυχθεί ένα ολοκληρωμένο εννοιολογικό μοντέλο. Στα δείγματα νερού πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση με απότερο σκοπό την κατασκευή υδροχημικών χαρτών της περιοχής μελέτης και τη διαπίστωση της καταλληλότητας του για διάφορες χρήσεις.

1.6 Διάρθρωση της μεταπτυχιακής διατριβής

Στα πρώτα κεφάλαια (1^ο & 2^ο) γίνεται αναφορά στην περιοχή μελέτης παραθέτοντας στοιχεία (βιβλιογραφικά) που την αφορούν από γεωγραφικά και οικονομικά ως και δημογραφικά. Στο 3^ο κεφάλαιο αναλύεται το γεωλογικό και λιθολογικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής ενώ στο 4^ο περιγράφονται οι υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν καθώς και τα είδη των υδροφόρων σχηματισμών που αναπτύσσονται. Επίσης αναλύεται η πιεζομετρία της περιοχής κατασκευάζοντας πιεζομετρικούς χάρτες έχοντας ως πρωτογενή δεδομένα τις 167 δικές μας μετρήσεις στάθμης οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στην ύπαιθρο τον Οκτώβριο του 2014. Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις σημαντικότερες πηγές της περιοχής παραθέτοντας και χημικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί από την τοπική υπηρεσία του Άργους – Ναυπλίου.

Στα επόμενα κεφάλαια (6^ο & 7^ο) περιγράφεται αρχικά ο τεχνητός εμπλουτισμός (ορισμός, μέθοδοι, κτλ.) που πραγματοποιείται από τις αρχές της δεκαετίας του 60 στο Αργολικό πεδίο και στη συνέχεια αναλύεται το φαινόμενο της υφαλμύρωσης (ορισμός, αίτια, τρόποι αντιμετώπισης, κτλ.) που τα τελευταία χρόνια έχει σοβαρές επιπτώσεις τόσο στο υδροφόρο σύστημα της περιοχής όσο και στις καλλιέργειες της (υψηλές συγκεντρώσεις Cl⁻).

Στο 8^ο κεφάλαιο αναπτύσσεται η υδροχημεία των υπόγειων νερών του Αργολικού πεδίου, δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στην σημερινή ποιότητα των νερών και στην πρόβλεψη τυχόν μεταβολών της εξαιτίας της υφαλμύρισης (Cl⁻) και της έντονης γεωργικής δραστηριότητας (NO₃). Πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της διατριβής δειγματοληψίες νερών (60) και χημικές αναλύσεις αυτών στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του τομέα Γεωλογικών Επιστημών της σχολής Μ.Μ.Μ του Ε.Μ.Π. Η επεξεργασία των χημικών αναλύσεων έγινε μέσω του προγράμματος Aquachem 5.1, όπως και η δημιουργία όλων των υδροχημικών διαγραμμάτων και της στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων. Η έρευνα επικεντρώθηκε κυρίως στις υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου και στην υψηλή

αγωγιμότητα που παρουσιάζουν τα νερά του υδροφόρου εξαιτίας του φαινομένου της θαλάσσιας διείσδυσης.

Στο 9^ο κεφάλαιο γίνεται μία θεωρητική περιγραφή για τη τρωτότητα των αλλουβιακών υδροφορέων στη ρύπανση ενώ στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος GALDIT. Τέλος περιγράφεται η διαδικασία ελέγχου της τρωτότητας ενός αλλουβιακού υδροφορέα με το δείκτη GALDIT και προσδιορίζεται η τρωτότητα του υδροφορέα της περιοχής έρευνας.

Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται μια ανακεφαλαίωση με τα συμπεράσματα, όπως προκύπτουν από τα επιμέρους κεφάλαια και διατυπώνονται σχετικές προτάσεις με σκοπό την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, σε σχέση με την υπεράντληση των υδατικών αποθεμάτων.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ Ν. ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ

2.1 Γεωγραφία του Ν. Αργολίδας

Ιστορική και γεωγραφική περιοχή της Πελοποννήσου. Στην αρχαιότητα το όνομα αυτό είχε η περιοχή που εκτεινόταν από τον Ισθμό της Κορίνθου έως τη βορειοανατολική Πελοπόννησο, από τον Σαρωνικό και Κορινθιακό έως τον Αργολικό κόλπο στα Νότια, την Αρκαδία στα Δυτικά και την Αχαΐα στα Βορειοδυτικά.

Σήμερα η Αργολίδα αποτελεί νομό (νομός Αργολίδος) με πολύ πιο περιορισμένα όρια. Έχει πρωτεύουσα το Ναύπλιο, έκταση 2.214 τ. χλμ. και πληθυσμό 105.770 κατοίκους. Στα Βόρεια συνορεύει με τον νομό Κορινθίας, στα Δυτικά και Νότια με τον νομό Αρκαδίας, στα ΝΑ βρέχεται από τον Αργολικό κόλπο και στα ΒΑ από τον Σαρωνικό.



Σχήμα 1: Χάρτης Νομού Αργολίδας (Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki>)

2.2 Μορφολογία του Ν. Αργολίδας

Το έδαφος του νομού είναι κυρίως ορεινό με μόνη εξαίρεση την κλειστή πεδιάδα του Άργους, που έχει σχηματιστεί από προσχλωματικά υλικά του τεταρτογενούς, μερικές παράκτιες πεδινές λωρίδες στην περιοχή Κρανιδίου και Ερμιόνης και την κοιλάδα του Λιγουριού. Το ανάγλυφο της περιοχής διαμορφώνουν τα λεγόμενα Αργολιδοαρκαδικά όρη, που αρχίζουν από την περιοχή της Κυλλήνης: στον νομό Αργολίδας έχουν τα ονόματα Τραχύ (το μεγαλύτερό του μέρος βρίσκεται στην Αρκαδία, η ψηλότερη όμως κορυφή του, το Κουρούμπαλο, 1.808 μ., στην Αργολίδα), Λύρκειο (1.755 μ.), Αρτεμίσιο (1.771 μ.), Κρείον ή Κτενιάς (1.634 μ.) και Παρθένιο (1.215 μ.), που κατευθύνεται στα Νότια όπου ως συνέχειά του υψώνεται ο Πάρνων, Ολίγυρτος (1.935 μ.), το βορειότερο της κορυφογραμμής στο βορειοδυτικό άκρο του νομού, με προεκτάσεις που ακολουθούν ανατολική κατεύθυνση, τα όρη Φαρμακάς (1.616 μ.), Μεγαλοβούνι (1.273 μ.) και Κορακοβούνι, μετά το οποίο η οροσειρά χαμηλώνει προς τη διάβαση των Δερβενακίων (318 μ.). Η σειρά αυτών των βουνών αποτελεί και τον υδροκρίτη μεταξύ Κορινθιακού και Αργολικού κόλπου. Το καθαυτό όμως αργολικό βουνό είναι το Αραχναίο (1.199 μ., Προφήτης Ηλίας) με κατεύθυνση προς τα ανατολικά. Στα νοτιοανατολικά του Αραχναίου υψώνονται τα μικρότερα βουνά Δίδυμο (1.113 μ.) και Φορβάντιο ή Αδέρες (721 μ.) που κατεβαίνει έως το ακρωτήριο Σκύλαιο. Συνέχεια και αποκόμματα των ορέων του νομού είναι και τα βουνά των νησιών Ύδρα, Πόρος και Σπέτσες. Η Αργολίδα, όπως και ολόκληρη η ανατολική Πελοπόννησος, έχει λίγα και μικρά υδάτινα ρεύματα.

Τα κυριότερα ποτάμια της αργολικής πεδιάδας είναι χείμαρροι, όπως ο Ίναχος, που πηγάζει από το Αρτεμίσιο, και ο Χάραδρος. Το καρστικό έδαφος της περιοχής ευνοεί όμως τη δημιουργία υπόγειων δεξαμενών που γεμίζουν με τη διείσδυση των υδάτων των κλειστών οροπεδίων των Αργολιδοαρκαδικών βουνών και αναβλύζουν στην επιφάνεια κατά περιόδους μεγάλες ή μικρές. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και ο ποταμός Ερασίνος (Κεφαλάρι) καθώς και οι πηγές της Λέρνης, που άλλοτε σχημάτιζαν την ονομαστή λίμνη. Υπάρχουν επίσης πολλές παράκτιες και υποθαλάσσιες πηγές, όπως της περιοχής Αγίου Γεωργίου Κυβερίου. Χάρη σε αυτά τα πλούσια υπόγεια αποθέματα νερού αναπτύχθηκαν, ιδιαίτερα στην πεδιάδα του Άργους, οι αρδευόμενες καλλιέργειες, κυρίως οι σπυροκομητευτικές. Η υπεράντληση όμως είχε συνέπεια να κατέβει η πιεζομετρική στάθμη επιφάνειας του υδροφόρου στρώματος και αντίστοιχα να διεισδύσει βαθύτερα στην ξηρά το θαλασσινό νερό (φαινόμενο της υφαλμύρωσης), με επακόλουθο τα υπόγεια νερά να γίνουν υφάλμυρα σε μια μεγάλη ζώνη της αργολικής πεδιάδας.

2.3 Ιστορία και Μυθολογία της περιοχής

Η ιστορία του Άργους είναι δεμένη με όλες τις εποχές της ιστορίας του ανθρώπου, από τις πρώτες μέρες της νεολιθικής εποχής μέχρι τον Χριστιανισμό. Κατοικείται επί 6.000 χρόνια συνεχώς και παρά τις καταστροφές που υπέστη κατά το πέρασμα των χρόνων, πάντοτε κτιζόταν στην ίδια προνομιακή θέση. Ενδεικτικό της πλούσιας ιστορίας της περιοχής είναι τα λόγια του Πουκεβίλ, γάλλου ταξιδιώτη του 1820: «... πόλη των Θεών και των βασιλιάδων, το όνομα της, η φήμη της, η δόξα της, ήταν διαδεδομένα σ' όλα τα έθνη! ... Λόγια που απαντούν σε ωδές του Πίνδαρου: «Βραχύ μοι στόμα πάντ' αναγήσασθ' όσων Αργείων έχει τέμενος μοίραν εσλών, έστι δε και κόρος ανθρώπων βαρύς αντιάσαι» [είναι μικρό το στόμα μου για να διηγηθεί την δόξα του Άργους ...].

Η Αργολίδα έχει να δείξει σημαντικότερα πολιτιστικά μνημεία. Τα σημαντικότερα σε πολιτιστική αξία και μέγεθος μνημεία είναι της Αρχαίας Επιδαύρου, των Μυκηνών, και της Αρχαίας Τίρυνθας. Ο συνολικός αριθμός των κηρυγμένων αρχαιολογικών χώρων του Νομού ανέρχεται σε 8 (Αρχαία πόλη των Μυκηνών, Μυκηναϊκές ακροπόλεις της Τίρυνθας και της Μιδέας, Ακροναυπλία, Μπούρτζι, Ενετικές οχυρώσεις στο Τολό, το κάστρο του Άργους, το Φρούριο στο Δρέπανο και στο Παλαμήδι, ο αρχαιολογικός χώρος Διβαρίου. Οι παραδοσιακοί οικισμοί στο Νομό Αργολίδας και το ΦΕΚ βάσει του οποίου προκηρύχθηκαν είναι: Άργος (401/20-8-1982), Καρυά (388/25-7-1990), Μανδράκια Ερμιόνης (594/13-11-1978), Ναύπλιο (Τμ.πόλης) (38/26-1-1989), Σκοτεινά(167/7-3-1986).

Η μυθολογία από την άλλη πλευρά μαρτυρά την ύπαρξη μύθων και θρύλων για τα νερά της περιοχής με γνωστότερο όλων αυτόν του Ηρακλή και της Λερναίας Ύδρας. Ο μύθος αυτός προσπαθεί να ερμηνεύσει ένα καθεστώς μόνιμων πλημμυρικών καταστάσεων των παράκτιων περιοχών, οι κάτοικοι των οποίων υπέφεραν από τεράστιες καταστροφές. Ο Ηρακλής διαθέτει γνώσεις υδραυλικές, υδρογεωλογικές και τεχνικογεωλογικές και ερχέται να διευθετήσει το πρόβλημα που ταλανίζει την ευρύτερη περιοχή της Λέρνας. Εκπονεί λοιπόν, ένα σπουδαίο για την εποχή του, τεχνικό έργο. Κατευθύνει όλα τα νερά από τα μικρά κεφάλαια (τα κεφάλια της Ύδρας) σε ένα κεντρικό υδάτινο αγωγό (το κεντρικό αθάνατο κεφάλι της Ύδρας) μέσα από μεγάλες δυσκολίες (τα κεφάλια της Ύδρας που ξαναφυτρώνουν). Ο μύθος αυτός καθρεφτίζει ίσως απόλυτα την σημερινή κατάσταση στην περιοχή αφού τα προβλήματα και οι προσπάθειες για διαχείριση των υδατικών της πόρων, παραμένουν ακόμα στο προσκήνιο.

2.4. Πληθυσμός νομού

Με πρωτεύουσα το Ναύπλιο, ο νομός Αργολίδας συγκεντρώνει ποσοστό 1% του πληθυσμού της χώρας και το 17,1% του πληθυσμού της περιφέρειας Πελοποννήσου με τάση μείωσης, αφού η φυσική μείωση του πληθυσμού των ετών 1996 και 1997 (υπεροχή γεννήσεων/1.000 κατοίκους: -0,9) επιταχύνθηκε τα επόμενα έτη φθάνοντας το -1,34 το 2001. Συνολικά στο νομό κατοικούν 105.770 κάτοικοι (απογραφή 2001), με πυκνότητα 49,1 κάτ/χμ² και περιλαμβάνει δύο αστικά κέντρα: το Άργος με 24.239 κατοίκους και το Ναύπλιο με 13.822 κατοίκους περίπου, σχεδόν δηλαδή το 1/3 του συνολικού πληθυσμού του νομού (απογραφή 2001). Σε σχέση με την απογραφή του 1991 παρουσιάζεται μια αύξηση κατά 8% στο νομό (8,2% για τους άνδρες, 7,9% για τις γυναίκες) και μαζί με το νομό Κορινθίας αποτελούν τους μοναδικούς νομούς της Περιφέρειας Πελοποννήσου, όπου υπάρχει μια αύξηση πληθυσμού. Στον Πίνακα 2.1. παρουσιάζονται πληθυσμιακά στοιχεία του Ν. Αργολίδας σε σχέση με το σύνολο της χώρας.

| Έτος | Ν. Αργολίδας | Συν. Χώρας |
|------|--------------|------------|
| 1951 | 85389 | 7632801 |
| 1961 | 90145 | 8388553 |
| 1971 | 88698 | 87648641 |
| 1981 | 93020 | 9740417 |
| 1991 | 97636 | 10264156 |
| 1994 | 105770 | 10409605 |
| 2001 | 100560 | 10934097 |

Πίνακας 2.1: Συνολικός πληθυσμός Ν. Αργολίδας και συνόλου χώρας (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Κατά τη δεκαετία 1951-1961 παρατηρείται αύξηση του συνολικού πληθυσμού του νομού αλλά με μικρότερο ρυθμό αύξησης από αυτόν της χώρας. Κατά την επόμενη δεκαετία, λόγω εξωτερικής μετανάστευσης, αλλά και μετακίνησης προς τα αστικά κέντρα, ο συνολικός πληθυσμός του νομού μειώθηκε κατά 1,6% περίπου. Στη συνέχεια κατά τη δεκαετία 1971-1981 ο πληθυσμός του νομού αυξάνεται κατά 4,9% περίπου, ενώ κατά τη δεκαετία 1981-1991 παρατηρείται αύξηση του συνολικού πληθυσμού με ρυθμό περίπου ίσο με τον αντίστοιχο ρυθμό της χώρας ($\approx 5\%$). Τέλος στην τριετία 1991-1994 ο πληθυσμός αυξάνει κατά 3% περίπου, φτάνει δηλαδή τους 100.560 κατοίκους. Το 2001 ο πληθυσμός ανέρχεται σε 105.770 κ. και η πυκνότητά του είναι 49,1 κάτοικοι/κμ² καταλαμβάνοντας έτσι την 28η θέση σε εθνικό επίπεδο. Μεταξύ των απογραφών 1991 και 2001 ο πληθυσμός του νομού αυξήθηκε 8,3%, αποδεικνύοντας έτσι τον αναπτυξιακό δυναμισμό του. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι οι

νομοί Αργολίδας και Κορινθίας είναι οι μόνοι από την Περιφέρεια Πελοποννήσου όπου υπερτερεί ο αστικός πληθυσμός πλέον, έναντι του αγροτικού (Τα στοιχεία πάρθηκαν από τη μελέτη Μαντζαβράκου, 2000).

Ο δείκτης γήρανσης για το νομό Αργολίδας βρίσκεται πολύ κοντά στη μέση τιμή του δείκτη για το σύνολο της χώρας (1,12), ενώ ο νομός Λακωνίας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απόκλιση, με τιμή 1,74 για το 2001. Σημειώνεται ότι στο σύνολο της η περιφέρεια Πελοποννήσου έχει αρνητική φυσική αύξηση πληθυσμού. Με βάση τα πληθυσμιακά στοιχεία του 1999, ο δείκτης γήρανσης στην Ε.Ε. των 15 διαμορφώνεται στο 0,94, ενώ στα 12 νέα κράτη είναι 0,70.

2.5 Διοικητική Διαίρεση

Ο νομός Αργολίδας διαιρείται σε 3 επαρχίες: Επαρχία, Άργους, Ναυπλίας και Ερμιονίδας. Στις τρεις αυτές επαρχίες υπήρχαν 14 δήμοι και 2 Κοινότητες, που απεικονίζονται στο Σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2: Τοποθεσία Δήμων στο Νομό Αργολίδας (Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki>)

Αναλυτικά η αντιστοιχία των αριθμών με τους δήμους:

1 Δήμος Ναυπλίου, **2** Δήμος Άργους, **3** Δήμος Ασίνης, **4** Δήμος Ασκληπιείου, **5** Δήμος Επιδαύρου, **6** Δήμος Ερμιόνης, **7** Δήμος Κουτσοποδίου, **8** Δήμος Κρανιδίου, **9** Δήμος Λέρνας, **10** Δήμος Λυρκείας, **11** Δήμος Μιδέας, **12** Δήμος Μυκηναίων, **13** Δήμος Νέας Κίου, **14** Δήμος Νέας Τίρυνθας, **15** Κοινότητα Αλέας, **16** Κοινότητα Αχλαδοκάμπου.

Ο πληθυσμός του κάθε δήμου δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

| Δήμος | Πραγματικός Πληθυσμός 2001 | Πληθυσμός ανά τ.χλμ |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------|
| ΔΗΜΟΣ ΑΡΓΟΥΣ | 29.228 | 212 |
| ΔΗΜΟΣ ΝΑΥΠΛΙΟΥ | 16.885 | 502 |
| ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ | 10.347 | 41 |
| ΔΗΜΟΣ ΜΙΔΕΑΣ | 6.724 | 38 |
| ΔΗΜΟΣ ΑΣΙΝΗΣ | 6.117 | 45 |
| ΔΗΜΟΣ ΑΣΚΛΗΠΕΙΟΥ | 4.804 | 27 |
| ΔΗΜΟΣ ΕΡΜΙΟΝΗΣ | 4.554 | 27 |
| ΔΗΜΟΣ ΕΠΙΔΑΥΡΟΥ | 4.471 | 28 |
| ΔΗΜΟΣ ΜΥΚΗΝΑΙΩΝ | 4.349 | 27 |
| ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΤΙΡΥΝΘΑΣ | 3.680 | 89 |
| ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΚΙΟΥ | 3.646 | 640 |
| ΔΗΜΟΣ ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙΟΥ | 3.575 | 30 |
| ΔΗΜΟΣ ΛΕΡΝΑΣ | 3.042 | 36 |
| ΔΗΜΟΣ ΛΥΡΚΕΙΑΣ | 2.901 | 12 |
| ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΑΛΕΑΣ | 793 | 6 |
| ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΑΧΛΑΔΟΚΑΜΠΟΥ | 654 | 6 |
| ΣΥΝΟΛΟ ΝΟΜΟΥ | 105.770 | |

Πίνακας 2.2: Ο πληθυσμός και η πυκνότητα αυτού σε κάθε δήμο του Ν. Αργολίδας (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Μετά τη καθιέρωση του Σχεδίου Καλλικράτη οι δήμοι του νομού Αργολίδας συγχωνεύονται σε 4 από τους 16. Οι δήμοι αυτοί, είναι:

- Δήμος Ναυπλιέων με έδρα το Ναύπλιο αποτελούμενος από τους δήμους Ναυπλιέων, Νέας Τίρυνθας, Μιδέας και Ασίνης, οι οποίοι καταργούνται.
- Δήμος Ερμιονίδας με έδρα το Κρανίδι αποτελούμενος από τους δήμους Ερμιόνης και Κρανιδίου, οι οποίοι καταργούνται.
- Δήμος Επιδαύρου με έδρα το Ασκληπιείο και ιστορική έδρα την Αρχαία Επίδαυρο αποτελούμενος από τους δήμους Ασκληπιείου και Επιδαύρου, οι οποίοι καταργούνται.
- Δήμος Άργους – Μυκηνών με έδρα το Άργος και ιστορική έδρα τις Μυκήνες αποτελούμενος από τους δήμους Άργους, Νέας Κίου, Λέρνας, Μυκηναίων,

Κουτσοποδίου, Λυρκείας και τις κοινότητες Αχλαδόκαμπτου και Αλέας οι οποίοι καταργούνται.

2.6 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης στην Περιφέρεια Πελοποννήσου καθορίζονται από τη μορφολογία του εδάφους, το υπάρχον υδάτινο δυναμικό και την εν γένει ανάπτυξη της περιοχής. Τα μεγάλα οικιστικά σύνολα της Περιφέρειας διαθέτουν ΓΠΣ, ενώ τα αστικά και ημιαστικά κέντρα στην πλειοψηφία τους διαθέτουν ρυμοτομικό σχέδιο. Οι δε μικρότεροι οικισμοί έχουν οριοθετηθεί.

Για το νομό Αργολίδας βρίσκονται υπό εκπόνηση Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (ΓΠΣ) και Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης (ΣΧΟΟΑΠ) για τους δήμους Άργους, Ασκληπείου, Ερμιόνης, Κουτσοποδίου, Κρανιδίου, Ναυπλίου, Λέρνας, Επιδαύρου, Ασίνης, Λυρκείας, Μιδέας, Μυκηναίων, Ν. Τίρυνθας και Ν. Κίου. Επίσης προβλέπεται η εκπόνηση μελέτης Ρυθμιστικού Σχεδίου 8 δήμων στην άμεση περιαστική ζώνη Ναυπλίου – Άργους – Ν. Κίου (ΕΠΕΜ, 2010).

Οι χρήσεις γης στην Περιφέρεια Πελοποννήσου καθορίζονται από τη μορφολογία του εδάφους, το υπάρχον υδάτινο δυναμικό και την εν γένει ανάπτυξη της περιοχής. Τα μεγάλα οικιστικά σύνολα της Περιφέρειας διαθέτουν ΓΠΣ, ενώ τα αστικά και ημιαστικά κέντρα στην πλειοψηφία τους διαθέτουν ρυμοτομικό σχέδιο. Οι δε μικρότεροι οικισμοί έχουν οριοθετηθεί.

Για το νομό Αργολίδας βρίσκονται υπό εκπόνηση Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (ΓΠΣ) και Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης (ΣΧΟΟΑΠ) για τους δήμους Άργους, Ασκληπείου, Ερμιόνης, Κουτσοποδίου, Κρανιδίου, Ναυπλίου, Λέρνας, Επιδαύρου, Ασίνης, Λυρκείας, Μιδέας, Μυκηναίων, Ν. Τίρυνθας και Ν. Κίου. Επίσης προβλέπεται η εκπόνηση μελέτης Ρυθμιστικού Σχεδίου 8 δήμων στην άμεση – περιαστική ζώνη Ναυπλίου – Άργους – Ν. Κίου (ΕΠΕΜ, 2010).

Στην παρούσα ισχύουν τα εξής ΓΠΣ (Πηγή: ΤΕΕ Πελοποννήσου):

- Ν. Κίος, ΦΕΚ 734Δ/85 Κρανίδι, ΦΕΚ 166Δ/86 με τροποποίηση ΦΕΚ 645 Δ/1997 (25.07.1997)
- Ναύπλιο, ΦΕΚ 569Δ/85 και τροποποίηση σύμφωνα με τα ΦΕΚ 403Δ/93 και ΦΕΚ 554 Δ/21.07.1999
- Άργος, ΦΕΚ 734Δ/85 Λυγουριό, ΦΕΚ 434Δ/86

Επίσης στο Ν. Αργολίδας υπάρχουν και οι εξής Μελέτες Πολεοδόμησης:

- Άργος, έκταση 1430στρ, ΦΕΚ 264/Δ/1989

- Κρανίδι (Α), έκταση 690στρ, ΦΕΚ846/Δ/87
- Ναύπλιο Πρόνοια, έκταση 250στρ, ΦΕΚ409/Δ/88
- Ν. Κίος, έκταση 80στρ, ΦΕΚ697/Δ/88
- Ναύπλιο Αριά, έκταση 150στρ, ΦΕΚ988/Δ/87

Ο νομός Αργολίδας διαθέτει ΖΟΕ (ΦΕΚ 396 Δ/1999) για την περιοχή των δήμων Άργους και Μιδέας και των κοινοτήτων Ν. Κίου, Μύλων, Τίρυνθας, Δαλαμανάρας, Κιβερίου, Κουτσοποδίου και Σκαφιδακίου. Επίσης στο νομό υπάρχουν συνολικά 144 ανενεργά και ενεργά λατομεία.

2.7 Παραγωγικοί τομείς

Η οικονομία του Ν. Αργολίδας στηρίζεται κατά κύριο λόγο στον πρωτογενή και τριτογενή τομέα, ενώ μειώνεται η σημασία και ο ρόλος του δευτερογενή. Στον Πίνακα 2.3 δίνονται τα συγκριτικά ποσοστά απασχόλησης ανά τομέα ανάμεσα στην Αργολίδα και στην υπόλοιπη χώρα το 1991 και το 2001. Φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια της δεκαετίας αυτής (1991-2001) το ποσοστό του πρωτογενή τομέα (γεωργία, κτηνοτροφία) μειώθηκε αισθητά, ενώ η μεταποίηση και το εμπόριο παρουσιάζουν μικρές πτωτικές τάσεις.

| Απασχόληση κατά κλάδο δραστηριότητας | | | | |
|--|-------------|----------|-------------|----------|
| | 1991 | | 2001 | |
| | Ελλάδα | Αργολίδα | Ελλάδα | Αργολίδα |
| Γεωργία, κτηνοτροφία, θήρα & δασοκομεία, αλιεία | 17.30% | 37.10% | 13.40% | 28.20% |
| Μεταποιητικές βιομηχανίες | 13.80% | 8.10% | 11.50% | 7.50% |
| Χονδρικό & Λιανικό εμπόριο | 13.10% | 10.70% | 13.90% | 11.10% |
| Μεταφορές αποθήκευση και επικοινωνίες | 6.40% | 4.70% | 6.10% | 4.50% |
| Δεν δήλωσαν επάγγελμα | 7.30% | 5.70% | 5.40% | 5.20% |
| Χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί, διαχείριση ακίνητης περιουσίας | 5.40% | 3.60% | 7.80% | 5.70% |

| | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Δημόσια διοίκηση & άμυνα. Υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση | 7.60% | 5.30% | 7.10% | 5.10% |
| Κατασκευές | 7.40% | 7.00% | 8.20% | 7.50% |
| Ξενοδοχεία και εστιατόρια | 4.00% | 5.20% | 5.90% | 6.60% |
| Εκπαίδευση | 4.90% | 3.60% | 5.60% | 4.50% |
| Λοιπές υπηρεσίες | 3.30% | 2.60% | 4.50% | 3.50% |
| Υγεία και κοινωνική μέριμνα | 3.60% | 2.00% | 4.20% | 2.80% |
| Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος | 0.90% | 0.50% | 0.80% | 0.60% |
| Ορυχεία και λατομεία | 0.40% | 0.50% | 0.30% | 0.20% |

Πίνακας 2.3: Ποσοστά απασχόλησης ανά τομέα ανάμεσα στην Αργολίδα και την υπόλοιπη χώρα (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Στην περιοχή αναλογεί το 0,8% του ακαθάριστου εθνικού εγχώριου προϊόντος (10.653€, απογραφή 2002). Με κατά κεφαλή προϊόν 6,23 χιλ. € κατατάσσεται 26^{ος} με βάση το κριτήριο αυτό και ισοδυναμεί με το 88% του μέσου όρου της Ελλάδας (στοιχεία 2002). Το εργατικό δυναμικό φθάνει τα 40.276 άτομα.

Η χαμηλότερη του μέσου όρου χώρας αναλογία νέων κατοικιών στον πληθυσμό, 0,7/100 κατοίκους το 2000 (με μέσο χώρας 0,8) αυξήθηκε σε 1,1 το 2001 με μέσο χώρας το 1. Με δηλωθέν εισόδημα 1,18 εκατ. δρχ. ανά κάτοικο το 2001 (70% του μέσου όρου της Ελλάδας) και καταθέσεις ανά κάτοικο 1,4 εκατ. δρχ. το 2000, οι κάτοικοί του πλήρωσαν το 2001 κατά μέσο όρο για φόρο εισοδήματος 72 χιλ δρχ., έναντι μέσου όρου για τη χώρα 142 χιλ δρχ. Στο νομό αναλογεί 0,9% των φορολογουμένων (άνοδος 3,9% το 2002), 0,7% του δηλωθέντος εισοδήματος της χώρας (+ 12,4%) και 0,5% του φόρου εισοδήματος φυσικών προσώπων (+15%). Στον Πίνακα 2.4 δίνονται στοιχεία για την οικονομική κατάσταση των κατοίκων του Ν. Αργολίδας (Πηγή Στοιχείων: "Οι Νομοί της Ελλάδος" copyright: www.economics.gr).

| | N. Αργολίδας | Μ.Ο Χώρας | Κατάταξη σε σχέση με τους 52 νομούς |
|---|-------------------------|----------------------|--|
| ΑΕΠ κατά κεφαλή 2002 | 10,6 χιλ € | 12,9 | 35 |
| Κατά κεφαλή αποταμιευτικές καταθέσεις 2002 | 6,23 χιλ € | 8,32 | 26 |
| Δηλωθέν εισόδημα ανά κάτοικο 2003 | 9,77 χιλ € | 12,5 | 37 |
| Φόρος εισοδήματος ανά κάτοικο 2003 | 0,6 χιλ € | 1,08 | 37 |
| Φυσική αύξηση πληθυσμού/1000 κατοίκους 2002 | -1,49 | -0,01 | 23 |
| Μαθητές δευ/θμιας εκπαίδευσης/1000 κατοίκους 2002 | 70 | 66 | 16 |
| Μαθητές δημοτικού/1000 κατοίκους 2001 | 60 | 59 | 22 |
| Συμμετοχή στα συνολικά μεγέθη της χώρας | | | |
| ΑΕΠ,2002 | 0,80% | | 32 |
| Φορολογούμενοι,2003 | 0,90% | | 29 |
| Δηλωθέν στην εφορία εισόδημα,2003 | 0,70% | | 37 |
| Φόρος εισοδήματος φ.π.,2003 | 0,50% | | 28 |
| Αποταμιευτικές καταθέσεις,2003 | 0,70% | | 37 |

Πίνακας 2.4: Δείκτες Ευημερίας των κατοίκων του Ν. Αργολίδας (Πηγή Στοιχείων: "Οι Νομοί της Ελλάδος" copyright: www.economics.gr).

2.7.1 Πρωτογενής Τομέας

Γεωργία

Η συμμετοχή του Νομού στον πρωτογενή τομέα ανέρχεται στο 29,6% του ΑΕΠ και δεν διαφοροποιείται σημαντικά από την περιφέρεια, όσον αφορά στα βασικά γεωργικά προϊόντα. Με τη γεωργία ασχολούνται περίπου 16.100 οικογένειες. Από αυτές 12.230 οικογένειες ή ποσοστό 77% είναι καθαρά γεωργικές και 3.780 οικογένειες ή 23% έχουν τη γεωργία ως δεύτερο επάγγελμα.

Η καλλιεργούμενη έκταση του Νομού ανέρχεται σε 710.000 στρέμματα περίπου, εκ των οποίων 228.000 στρέμματα ή 32,1% είναι αρδευόμενα. Η μέση έκταση γεωργικής εκμετάλλευσης κυμαίνεται από 38 στρέμματα στις πεδινές περιοχές μέχρι 57,4 στρέμματα στις ορεινές, με μέσο μέγεθος για ολόκληρο το Νομό 44 στρέμματα.

Οι περισσότερες γεωργικές εκτάσεις του Νομού καταλαμβάνονται από δενδρώδεις καλλιέργειες, οι οποίες αυξάνονται διαχρονικά και κυριαρχούνται από ελιές και εσπεριδοειδή. Οι εξαγωγές εσπεριδοειδών του νομού αντιπροσωπεύουν το 50% των εξαγωγών της χώρας για το είδος αυτό. Με σημαντικό μερίδιο στο ακαθάριστο προϊόν από τη γεωργία τα τελευταία χρόνια συμμετέχουν οι θερμοκηπιακές μονάδες ανθοκομικών και κηπευτικών προϊόντων.

Κτηνοτροφία

Η συμμετοχή της κτηνοτροφίας στο συνολικό ακαθάριστο γεωργοκτηνοτροφικό εισόδημα του Νομού είναι 16,37% περίπου. Όσον αφορά στην κτηνοτροφική παραγωγή ακολουθεί μια φθίνουσα πορεία σε όλα τα είδη του ζωικού κεφαλαίου, εξαιρέσεις παρατηρούνται στα πρόβατα (20%) του συνόλου της Περιφέρειας, στις αίγες (παρουσιάζονται αυξητικές τάσεις) και στη μελισσοκομία.

Αλιευτική παραγωγή

Ο Νομός συγκεντρώνει περίπου το 50% της συνολικής ακαθάριστης αξίας της αλιευτικής παραγωγής της Περιφέρειας. Η αλιεία συμμετέχει στο συνολικό ακαθάριστο εισόδημα κατά 13%. Η αλιευτική παραγωγή του Νομού προέρχεται από την ελεύθερη αλιεία, τις λιμνοθάλασσες, τα θυνεία και τις ιχθυοκαλλιέργειες ή τις υδατοκαλλιέργειες γενικότερα. Η παραγωγή αυτή ανέρχεται στους 8.500 τόνους περίπου ετησίως.

2.7.2 Δευτερογενής Τομέας

Η συμμετοχή του Νομού στο δευτερογενή τομέα, ανέρχεται στο 18,3%. Οι κυριότεροι κλάδοι βιομηχανίας στο Νομό είναι:

- Επεξεργασία φρούτων, χυμοποιεία, ελαιοτριβεία.
- Μηχανουργεία, κατασκευή αντλιών.
- Παραγωγή πλαστικών σωλήνων, εξαρτημάτων τεχνικών παροχών κ.α.
- Επεξεργασία μαρμάρων και ειδών λαϊκής τέχνης.

Το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής στο συνολικό προϊόν του δευτερογενή τομέα κατέχει η μεταποίηση, η οποία όμως ακολουθεί φθίνουσα πορεία (51% το 1994). Ο κλάδος των κατασκευών συμμετέχει με ποσοστό 40% το 2000, παρουσιάζοντας μεγάλη αύξηση τα τελευταία χρόνια (έναντι 29% το 2005).

Η Αργολίδα είναι από τους κυριότερους Νομούς σε αποθέματα μαρμάρων καλής ποιότητας. Υπάρχουν περίπου πενήντα μισθωμένα λατομεία μαρμάρων στην περιοχή της Αργολίδας κυρίως στις τοποθεσίες Καρνεζαΐικα, Δίδυμα, Λυγουριό, Επίδαυρο, Ηλιοκάστρο. Απ' αυτά στα είκοσι πέντε περίπου γίνεται πλήρης εκμετάλλευση με εξαγωγική δραστηριότητα. Τα διακοσμητικά πετρώματα, σαν πρώτη ύλη στο Νομό, βρίσκονται σε μικρή πλέον ποσότητα εξ' αιτίας της μορφολογίας του εδάφους και της μεγάλης μη ορθολογικής εκμετάλλευσης που έγινε στο παρελθόν.

2.7.3 Τριτογενής Τομέας

Ο τριτογενής τομέας είναι αυτός με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη διάρθρωση του ακαθάριστου προϊόντος της Περιφέρειας, η οποία κατά το 2001 ανέρχεται στο 46%. Ο τομέας παρουσιάζει αυξητική τάση από την άποψη της συμμετοχής στο προϊόν της Περιφέρειας, αν και παραμένει σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά σε επίπεδο χώρας (60% το 2001). Ο τουριστικός τομέας αποτελεί την οικονομική δραστηριότητα η οποία σχεδιάζεται να στηρίξει την αναπτυξιακή προοπτική της Περιφέρειας και του Νομού, παρέχοντας υπηρεσίες υπερτοπικού χαρακτήρα. Η συμμετοχή του Νομού στον τριτογενή τομέα, παρουσιάζει σημαντική επιτάχυνση, ειδικά μετά το 1991, με ποσοστό συμμετοχής 52,1%. Η συμβολή του τουρισμού στην ανάπτυξη του Νομού και στην εξάλειψη των ανισοτήτων είναι σημαντική, δεδομένου ότι η πλειοψηφία της ξενοδοχειακής υποδομής της Περιφέρειας βρίσκεται στην Αργολίδα (138 μονάδες και 11.868 κλίνες).

Ο Νομός Αργολίδας συγκαταλέγεται μεταξύ των Νομών εκείνων που συγκεντρώνουν τουρισμό μαζικού κυρίως χαρακτήρα. Δηλαδή, επισκέπτες καταφτάνουν οργανωμένοι σε ομάδες με οργανωμένο πρόγραμμα διακίνησης, διαμονής και αναψυχής, για συγκεκριμένο χρόνο, σε προεπιλεγμένους τόπους, έχοντας συνήθως προπληρώσει τις διακοπές τους σε γραφείο τουρισμού. Το μήκος των ακτών του Νομού είναι 230 χιλιόμετρα (εξαιρουμένης της Τροιζηνίας). Το συνολικό μήκος των ακτών που προσφέρονται για κολύμβηση εκτιμάται σε συνολικό μήκος 56,5 χιλιόμετρα. Ήτοι το 24,7% του συνολικού μήκους ακτών του Νομού.

Η Αργολίδα είναι ιδιαίτερα πλούσια σε αρχαιολογικούς και λοιπούς πολιτιστικούς πόρους. Η γη της είναι σπαρμένη με αρχαία ερείπια, βυζαντινά και μεταβυζαντινά μνημεία, κάστρα και φρούρια, νεώτερα μνημεία, ιστορικούς τόπους, τόπους ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και παραδοσιακούς οικισμούς, κατοικημένα από τη Μεσολιθική εποχή (8000 π.Χ.) υπήρξε σε όλη την αρχαιότητα ένα από τα σημαντικότερα κέντρα της Πελοποννήσου. Οι μείζονος εθνικής και διεθνούς εμβέλειας αρχαιολογικοί χώροι που βρίσκονται στο νομό είναι:

- Οι Μυκήνες, περίφημη μυκηναϊκή ακρόπολη με τα κυκλώπεια τείχη, το ανάκτορο και τους βασιλικούς τάφους.
- Η Επίδαυρος, όπου υπάρχει το ιερό του Θεραπευτού θεού Ασκληπιού και το φημισμένο μεγάλο θέατρο.
- Οι Μυκηναϊκές ακροπόλεις της Τίρυνθας και της Μιδέας.
- Το πρωτοελλαδικό "ανάκτορο" της Λέρνας.
- Το ιερό της Ήρας (Ηραίο) έξω από το Άργος.

- Η Αγορά και το Θέατρο του Άργους.

Επίσης, η πόλη του Ναυπλίου έχει να επιδείξει σημαντικό πλούτο μνημείων ιστορικού, πολιτιστικού και αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, όπως είναι το Φρούριο Παλαμηδίου, η Ακροναυπλία και το Μπούρτζι.

2.8 Υφιστάμενες Υποδομές

Τα τελευταία χρόνια στο νομό Αργολίδας έχουν πραγματοποιηθεί πολύ σημαντικά έργα τόσο στην άρδευση όσο και στην ύδρευση τα οποία έχουν βοηθήσει σε πολύ μεγάλο βαθμό στη σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής.

2.8.1 Άρδευση

Τα πρώτα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα κατασκευάστηκαν τη δεκαετία του '60 για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών πέριξ των πηγών Κεφαλαρίου – Λέρνη, τα οποία λειτουργούσαν χωρίς ενεργειακό κόστος, καθώς τα νερά κινούνταν με τη βαρύτητα. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν δίκτυα για την περιοχή Ασίνης – Λευκακίων που μετέφεραν νερό από την πηγή Κιβερίου, όπου και έγιναν τα πρώτα έργα σύλληψης του νερού (Ζυμής, 1990). Το 1970 στην πηγή αυτή κατασκευάστηκε ένα από τα ελάχιστα παγκοσμίως έργα σύλληψης “καθαρού” νερού από υποθαλάσσιες καρστικές πηγές (παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριόντων > 250mg/l) μέσα στην ίδια τη θάλασσα, ένα ημικυκλικό φράγμα με θυρίδες που ανοιγοκλείνουν ώστε να διατηρούν τη στάθμη του πηγαίου υπόγειου νερού εντός του φράγματος υψηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας. Για την άντληση του νερού έχουν εγκατασταθεί τέσσερις αντλίες με δυνατότητα άντλησης 40.000 m³/h, ενώ υπάρχει χώρος για τοποθέτηση και πέμπτης αντλίας με 12.000 m³/h. Σήμερα το συλλογικό αρδευτικό δίκτυο του Αναβάλου περιλαμβάνει αγωγούς μεταφοράς νερού συνολικού μήκους 80 km περίπου. Τα 35 km περίπου αποτελούνται από ανοιχτούς τσιμεντένιους αγωγούς, τραπεζοειδούς διατομής, ενώ τα υπόλοιπα από κλειστούς υπόγειους αγωγούς. Η κίνηση του νερού γίνεται με τη βοήθεια δέκα αντλιοστασίων και τεσσάρων λιμνοδεξαμενών, συνολικής χωρητικότητας 76.000 m³. Πέραν των αγωγών μεταφοράς έχουν κατασκευαστεί αρκετά χιλιόμετρα δευτερευόντων αγωγών και αρδευτικών δικτύων, αλλά και έξι λιμνοδεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 18.000 m³ για τους τελικούς χρήστες. Όπου ο αγωγός είναι ανοιχτής διατομής, η άρδευση γίνεται κατά κανόνα με την απαρχαιωμένη μέθοδο της κατάκλισης, καταναλώνοντας πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού απ’ όσες χρειάζονται ενώ στην περίπτωση κλειστού αγωγού πραγματοποιείται άντληση από ειδικά στόμια.

Πέρα από τις εκτάσεις που εξυπηρετούνται από τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα (οι οποίες στην πλειοψηφία τους εξυπηρετούνται και από υπόγεια ύδατα σαν

εναλλακτική λύση ή για παγοπροστασία), οι υπόλοιπες εκτάσεις εξυπηρετούνται αποκλειστικά από δημόσιες και ιδιωτικές γεωτρήσεις ή πηγάδια.

2.8.2 Ύδρευση

Από τις αρχές της δεκαετίας του '60 η πόλη του Ναυπλίου έχει εξασφαλίσει την ύδρευσή της από την πηγή Αμυμώνης, στην περιοχή του οικισμού των Μύλων. Από το 1988 χρησιμοποιείται και η πηγή της Λέρνης. Για τις ανάγκες της άντλησης και μεταφοράς έχουν κατασκευαστεί δύο αντλιοστάσια με δυνατότητα συνολικής άντλησης 600 m³/h και μεταλλικός υπόγειος αγωγός μήκους 13 km. Το όλο σύστημα διαχειρίζεται η ΔΕΥΑ Ναυπλίου. Από το 2003 και η πόλη του Άργους – που μέχρι τότε χρησιμοποιούσε γεωτρήσεις με νερό ακατάλληλο λόγω υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών – άρχισε να χρησιμοποιεί την πηγή της Λέρνης για την υδροδότησή της. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκε αντλιοστάσιο με δυνατότητα άντλησης 500 m³/h και αγωγός D.I. μήκους 10km. Το όλο σύστημα διαχειρίζεται η ΔΕΥΑ Άργους. Από τις δύο ΔΕΥΑ εξυπηρετούνται σήμερα περίπου 52.000 άτομα και η ετήσια κατανάλωση ανέρχεται σε περίπου 8 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού ή περίπου 910 κυβικά μέτρα νερού ανά ώρα.

2.9 Μετεωρολογικά - κλιματολογικά στοιχεία

(Κύριες βιβλιογραφικές πηγές: Υπουργείο Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης & ΕΜΥ)

Το κλίμα της περιοχής μελέτης ανήκει στον Μεσογειακό υποτροπικό τύπο και σε ετήσια βάση ανήκει στον τύπο Η8Υw8a (ζώνη λεμονιάς). Το κλίμα λοιπόν της πεδινής ζώνης χαρακτηρίζεται σαν ξηροθερμικό με ήπιο χειμώνα στα παράλια, ενώ η θαλάσσια αύρα επηρεάζει τις ακραίες θερμοκρασίες. Δηλαδή το καλοκαίρι οι μέγιστες είναι χαμηλότερες και το χειμώνα οι ελάχιστες υψηλότερες. Όσο προχωρούμε στην ενδοχώρα και λόγω του ανάγλυφου της περιοχής παρατηρείται μια βαθμιαία όχι όμως σημαντική διαφοροποίηση. Περιορίζεται η ξηροθερμική περίοδος και παράλληλα αυξάνει το ετήσιο ύψος βροχής. Ο χειμώνας γίνεται ψυχρότερος, με χιόνια που μπορεί να διατηρούνται 1-2 μήνες στους ορεινούς όγκους. Η παρουσία αυτή των χιονιών και η επικράτηση το χειμώνα των Βόρειων ανέμων παρασύρει προς το Αργολικό πεδίο ψυχρές μάζες αέρα που εγκλωβίζονται εκεί και σε συνδυασμό με έντονη ακτινοβολία της θερμότητας (κυρίως τις αίθριες νύκτες) προκαλούν παγετούς με άμεσες οικονομικές αρνητικές επιπτώσεις στις καλλιέργειες της περιοχής. Η πιο επικίνδυνη περίοδος είναι από τις 14/11 μέχρι τις 5/2. Για την μείωση των επιπτώσεων αυτών έχουν εγκατασταθεί σε όλο τον Αργολικό κάμπο ανεμομείκτες, οι οποίοι μπορούν να ανεβάσουν τη θερμοκρασία κατά δύο (2) περίπου °C και οι καρποί και τα δένδρα να αποφύγουν τη ζημία.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής του Αργολικού πεδίου ανέρχεται σε 562mm ύψους βροχής, το μεγαλύτερο μέρος του οποίου κατανέμεται σχεδόν ομοιόμορφα, σε 7 μήνες (Οκτώβριος-Απρίλιος). Γενικά το 86% των κατακρημνισμάτων πέφτουν κατά τους μήνες Οκτώβριο-Απρίλιο και συμβάλουν στην έκπλυση του ριζοστρώματος από άλατα και νιτρικά, ενώ μόλις το 14% πέφτει την αρδευτική περίοδο (Μάιος-Σεπτέμβριος), γεγονός που καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή της άρδευσης. Ο υγρότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος με μέση τιμή βροχόπτωσης τα 92,2 mm, ενώ ο ξηρότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με μέση τιμή τα 9,7 mm.

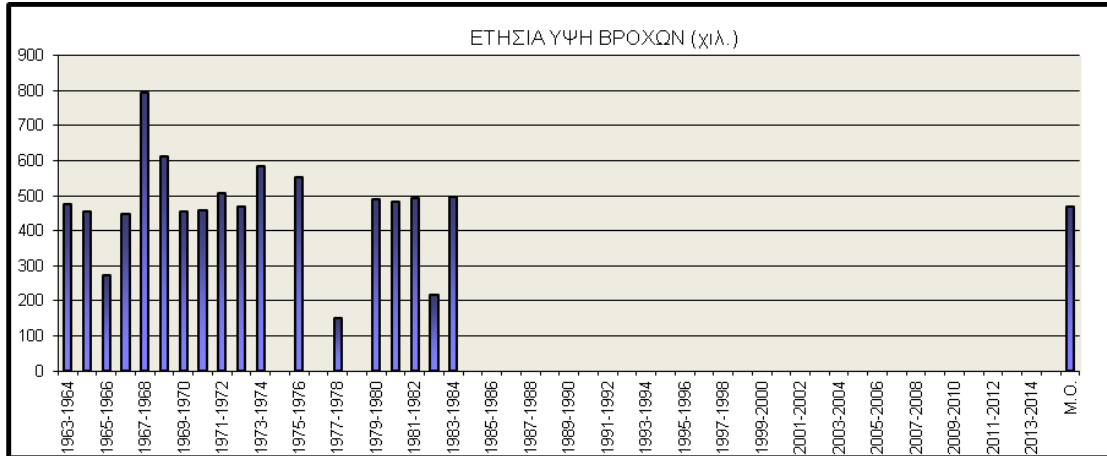
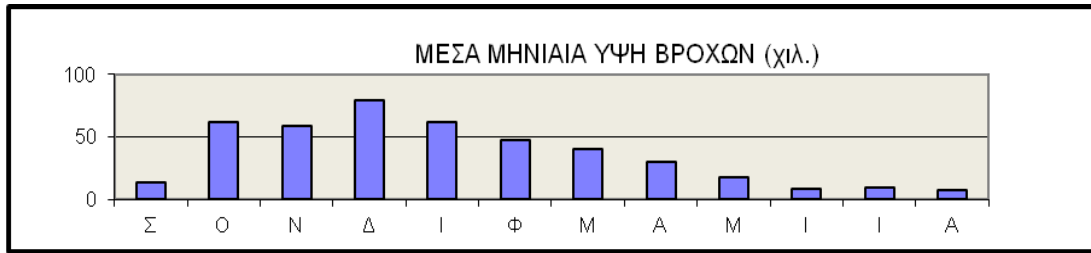
Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 17,2 °C, με τη μέση μηνιαία μέγιστη να φθάνει τους 26,6 °C τον Ιούλιο (θερμότερος μήνας) και τη μέση μηνιαία ελάχιστη στους 9,3 °C τον Ιανουάριο (ψυχρότερος μήνας). Το μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος ξεπερνά τους 17 °C. Οι θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, οι ψυχρότεροι ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος. Η σχετική υγρασία λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο, οι οποίες ανέρχονται σε 77,4 % και 76,4 %, αντίστοιχα.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά σε πίνακα όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί της περιοχής και διαγράμματα με μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις ανά μετεωρολογικό σταθμό που ανήκουν ή πλαισιώνουν το Αργολικό πεδίο(κάποιοι από αυτούς δεν βρίσκονται πλέον σε λειτουργία). Τα δεδομένα παραχωρήθηκαν από το ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) ενώ η επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε από εμάς.

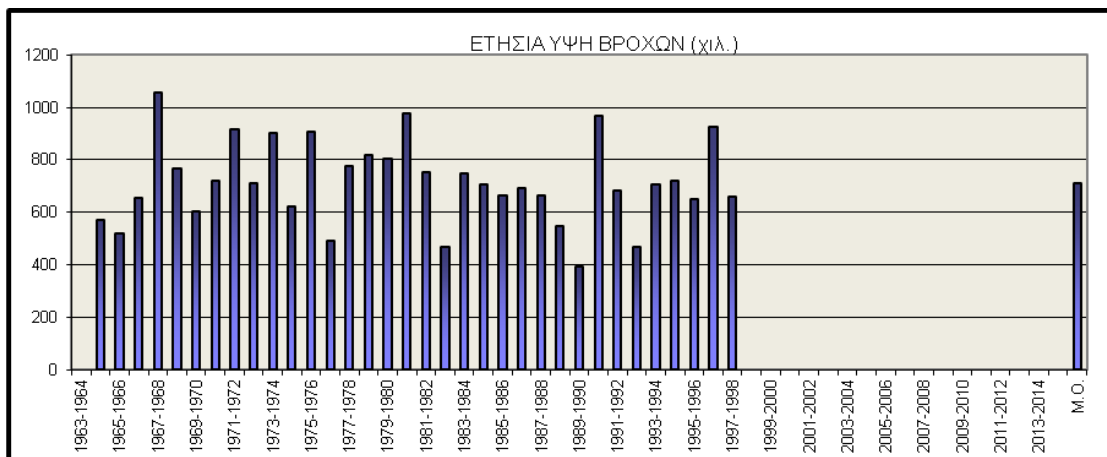
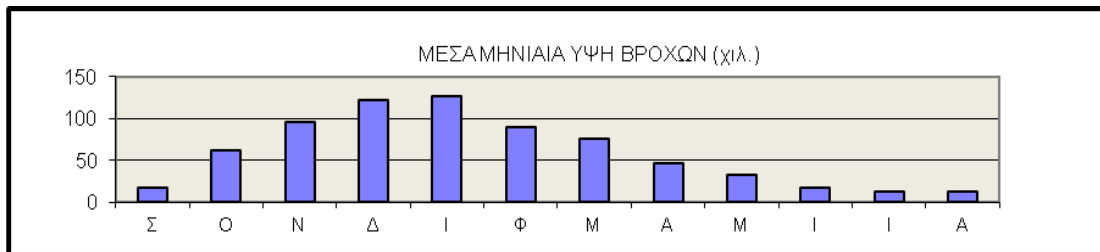
| A/A | ΣΤΑΘΜΟΣ | ΦΟΡΕΑΣ | ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (φ/λ) | ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m) |
|-----|--------------|-------------|---------------------|--------------|
| 1 | Αγ. Τριάδα | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,63/22,80 | 28 |
| 2 | Αχλαδόκαμπος | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,53/22,57 | 520 |
| 3 | Αμυγδαλίτσα | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,8/22,83 | 150 |
| 4 | Άργος | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,63/22,73 | 20 |
| 5 | Ασίνη | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,55/22,86 | 7 |
| 6 | Φίχτια | ΕΜΥ | 37,72/22,73 | 92 |
| 7 | Κεφαλόβρυσο | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,70/22,80 | 965 |
| 8 | Κιβέρι | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,52/22,72 | 10 |
| 9 | Μερκούρι | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,60/22,57 | 395 |
| 10 | Ναύπλιο | ΕΜΥ | 37,57/22,80 | 2 |
| 11 | Ν. Ροεινό | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,62/22,87 | 120 |
| 12 | Προσύμνη | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,72/22,83 | 240 |
| 13 | Πυργέλα | ΕΜΥ | 37,63/22,78 | 20 |
| 14 | Σκαφιδάκι | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,56/22,68 | 80 |
| 15 | Στέρνα | ΥΠ ΓΕ (ΥΕΒ) | 37,72/22,60 | 140 |

Πίνακας 2.5: Μετεωρολογικοί σταθμοί της περιοχής του Αργολικού πεδίου

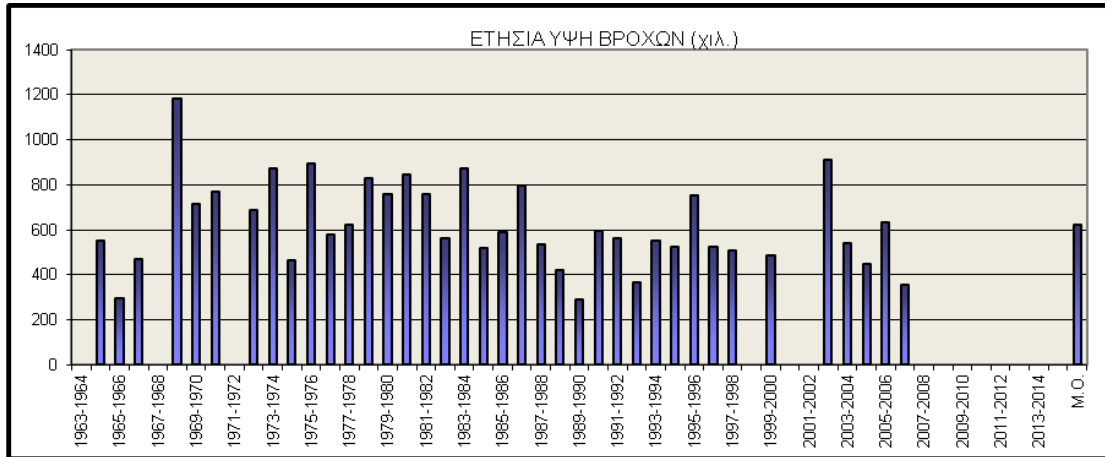
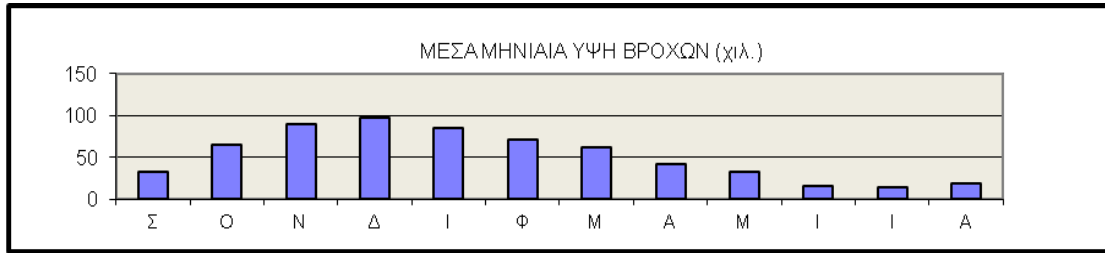
Αγία Τριάδα



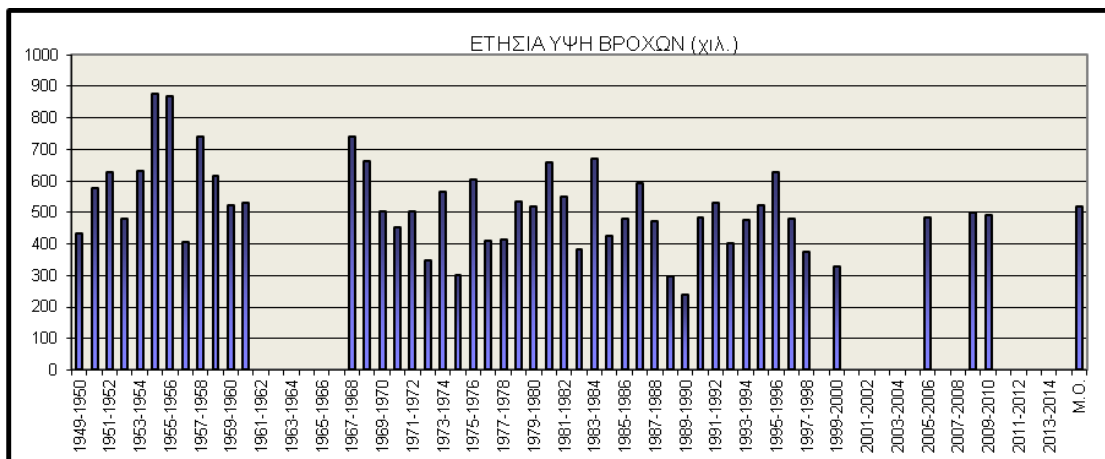
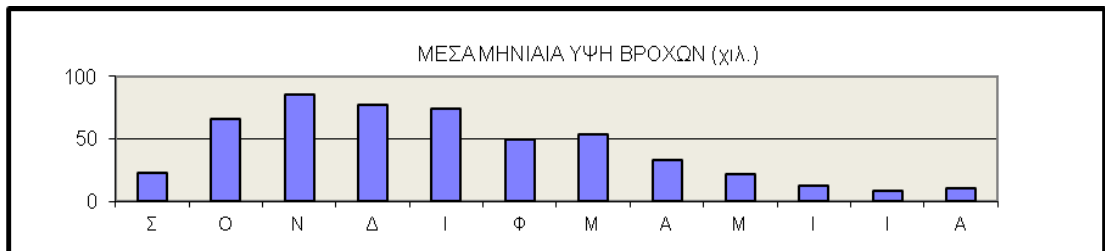
Αχλαδόκαμπος



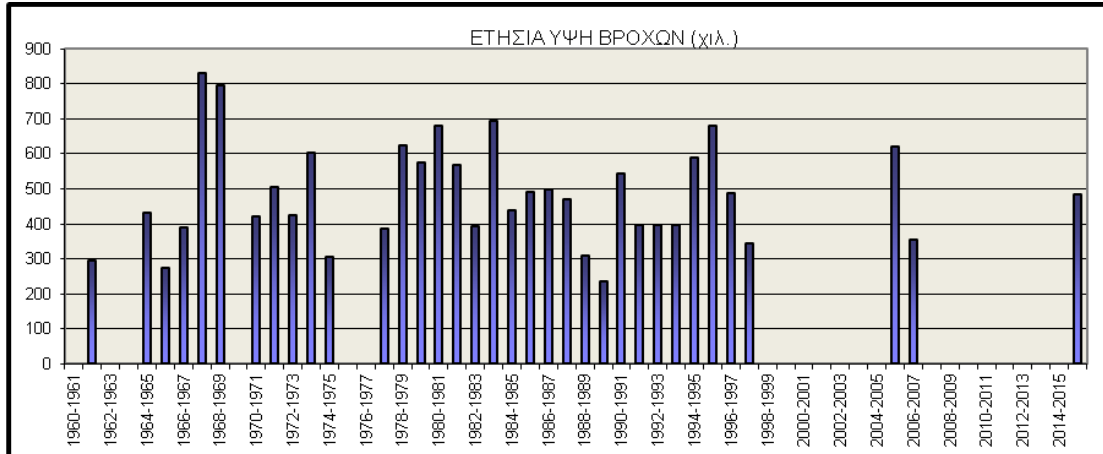
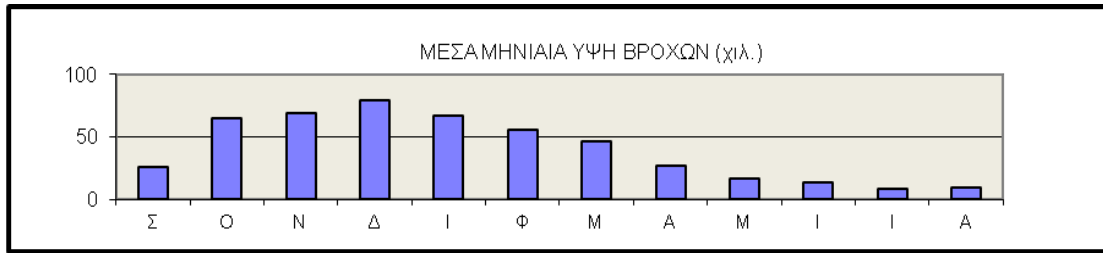
Αμυδαλίτσα



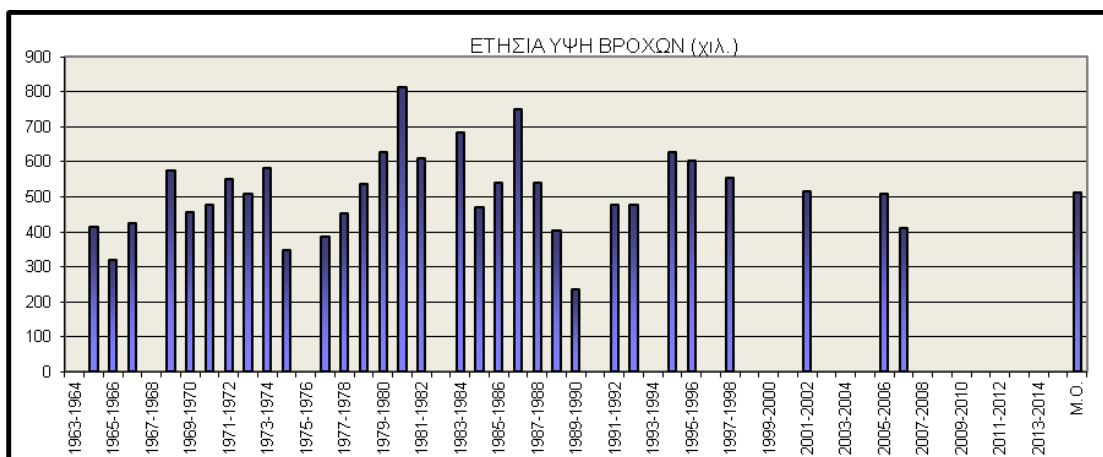
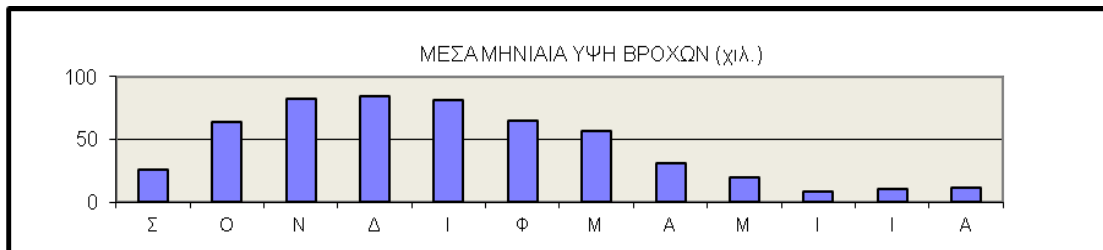
Άργος



Ασίνη



Κιβέρι



3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

3.1 Γεωμορφολογία περιοχής

Οι υδρολογικές λεκάνες που πλαισιώνουν το Αργολικό πεδίο καταλαμβάνουν συνολικά έκταση 930 km² περίπου και οριοθετούνται δυτικά από τα όρη Κτενιάς, Αρτεμίσιο, και Κυλλήνη ή Ζήρια, τα βουνά των Δερβενακίων βόρεια και το Αραχναίο όρος ανατολικά, ενώ νότια από τον Αργολικό κόλπο (Γιαννουλόπουλος 2000).

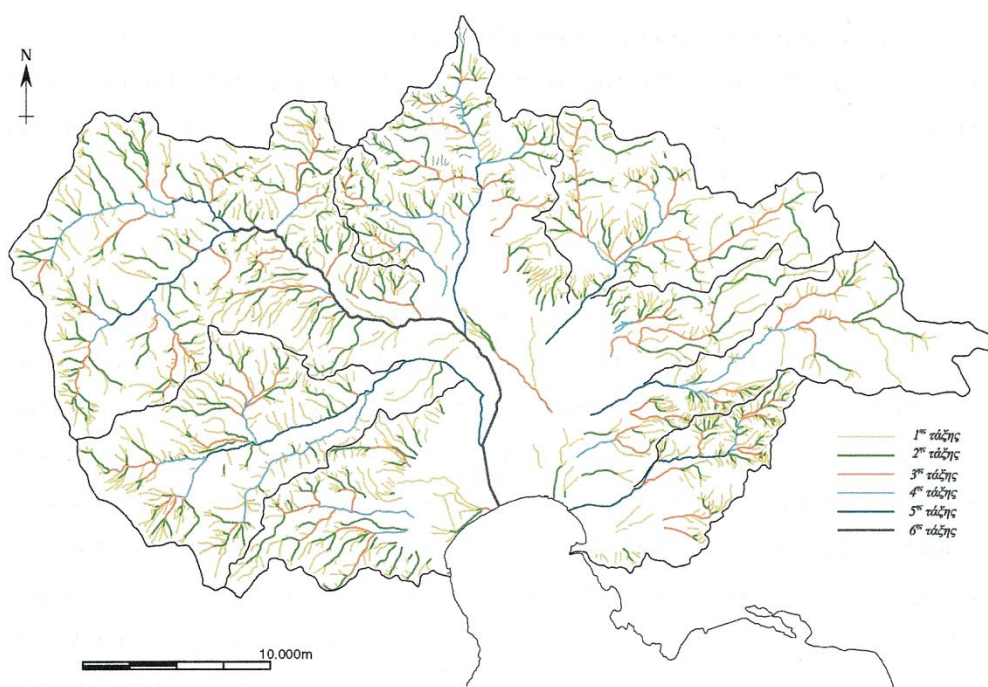
Αποστραγγίζονται από ένα σύνολο χειμάρρων που αναπτύσσονται σε επί μέρους ομώνυμες υδρολογικές λεκάνες. Οι λεκάνες αυτές μαζί με τη συνολική υδρολογική λεκάνη φαίνονται στο Σχήμα. 3.1. Οι βασικότερες υδρολογικές λεκάνες είναι αυτές των χειμάρρων του Κιρίμη, του Ξεριά, του Ίναχου, των Φιχτίων, του Δερβενακιώτη, της Κλεισούρας, του Μπέρμπακα, του Αμοργιανού, και του Ραμαντάνη.



Σχήμα 3.1: Υδρολογικές λεκάνες που πλαισιώνουν το Αργολικό πεδίο και θέσεις μετεωρολογικών σταθμών στην ευρύτερη περιοχή (Γιαννουλόπουλος, 2000)

Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι στο σύνολό του παροδικής ροής. Εξάιρεση αποτελεί ο Ερασίνο, ο οποίος τροφοδοτείται από την πηγή του Κεφαλαρίου. Από τους χειμάρρους αυτούς, σημαντικότεροι είναι ο Ξεριάς και Ίναχος που κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων παρουσιάζουν πλημμυρικές απορροές προκαλώντας καταστροφικά πλημμυρικά φαινόμενα. Κατά τη διάρκεια τέτοιων γεγονότων, οι απορροές των χειμάρρων αυτών καταλήγουν στη θάλασσα. Αντίθετα, οι απορροές των υπολοίπων, σπάνια καταλήγουν στη θάλασσα και μάλιστα σε μερικούς από αυτούς δεν υπάρχει καν διαμορφωμένη κοίτη, με συνέπεια οι απορροές τους να απολήγουν και να κατεισδύουν στις αδρομερείς αποθέσεις των ανατολικών παρυφών της πεδιάδας. Κατά την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου από τον Π. Γιαννουλόπουλο έγινε ταξινόμηση κατά Strahler (Σχήμα 3.2)



Σχήμα 3.2: Υδρογραφικό δίκτυο - ταξινόμηση κατά Strahler (Γιαννουλόπουλος 2000).

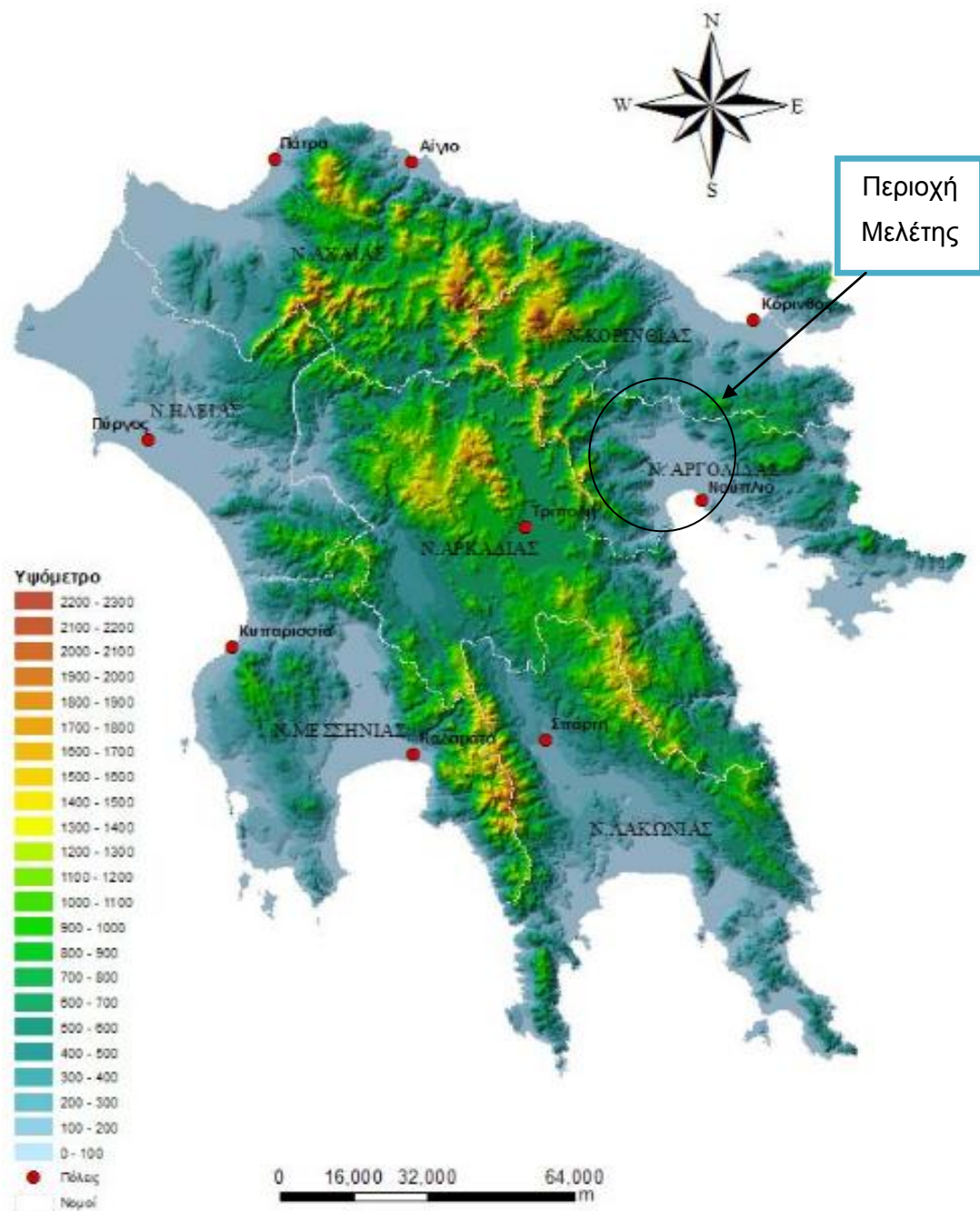
Έδαφος

Τα εδάφη της περιοχής του Αργολικού πεδίου είναι προϊόντα μεταφοράς και απόθεσης φερτών υλικών από τα νερά των πολυάριθμων ρευμάτων που χύνονταν παλαιότερα στον Αργολικό Κόλπο. Το πάχος των αλλουβιακών αποθέσεων είναι μεγάλο και φθάνει και τα 600 μέτρα (ερευνητική γεώτρηση κοντά στο χωριό Ανυφί, βάθος αποθέσεων 617 μέτρα - Μπακάλης κ.ά. 1993).

Σήμερα δεν υπάρχουν ρεύματα συνεχούς ροής στο Αργολικό πεδίο με μόνη εξαίρεση τον ποταμό Ερασίνο ο οποίος τροφοδοτείται από το Κεφαλάρι. Επιφανειακά, και κοντά στα σημεία εισβολής των χειμάρρων στην πεδιάδα, οι αποθέσεις τους παρουσιάζονται αδρομερείς και αποτελούνται από κροκάλες, χαλίκια και άμμο. Αυτές σταδιακά γίνονται πιο λεπτόκοκκες προς το κεντρικό τμήμα της πεδιάδας. Πάνω σε αυτές τις αποθέσεις έχει αναπτυχθεί το μεγαλύτερο τμήμα των εδαφών του Αργολικού πεδίου.

Σχετικά με τα εδάφη της περιοχής μελέτης, αυτά σύμφωνα με την εδαφολογική μελέτη των Γιάσογλου κ.ά., (1983), αναπτύχθηκαν κυρίως σε αλλουβιακές αποθέσεις Τεταρτογενούς περιόδου, παρουσιάζουν σημαντική διαβάθμιση ηλικιών και ταξινομούνται ως εξής:

- Πρόσφατα αλλουβιακά, κυρίως στα χαμηλότερα τμήματα του Αργολικού πεδίου που ταξινομούνται στα Entisols και μπορούν να χαρακτηριστούν ως γόνιμα εδάφη,
- Αλλουβιακά εδάφη με διαφοροποίηση των εδαφικών οριζόντων, αλλά όχι τόσο ισχυρή όσο των ώριμων εδαφών που ταξινομούνται στα Inceptisols και έχουν ικανοποιητική γονιμότητα,
- Εδάφη των αλλουβιακών αναβαθμών, με φανερή διαφοροποίηση οριζόντων, μεταξύ των οποίων και αργιλικών, χαρακτηριστικών της εδαφοτομής Alfisols, παραγωγικά εδάφη, αλλά μικρότερης γονιμότητας και δυσμενέστερης τοπογραφίας από τα προηγούμενα, και
- Λοφώδη ορεινά, διαβρωμένα εδάφη που είναι είτε αυτόχθονα Entisols, με έκθεση του μητρικού υλικού στην επιφάνεια, είτε αυτόχθονα Inceptisols, με ασθενή διαμόρφωση εδαφοτομής. Τα τελευταία είναι γονιμότερα από τα προηγούμενα επειδή είναι βαθύτερα εδάφη.

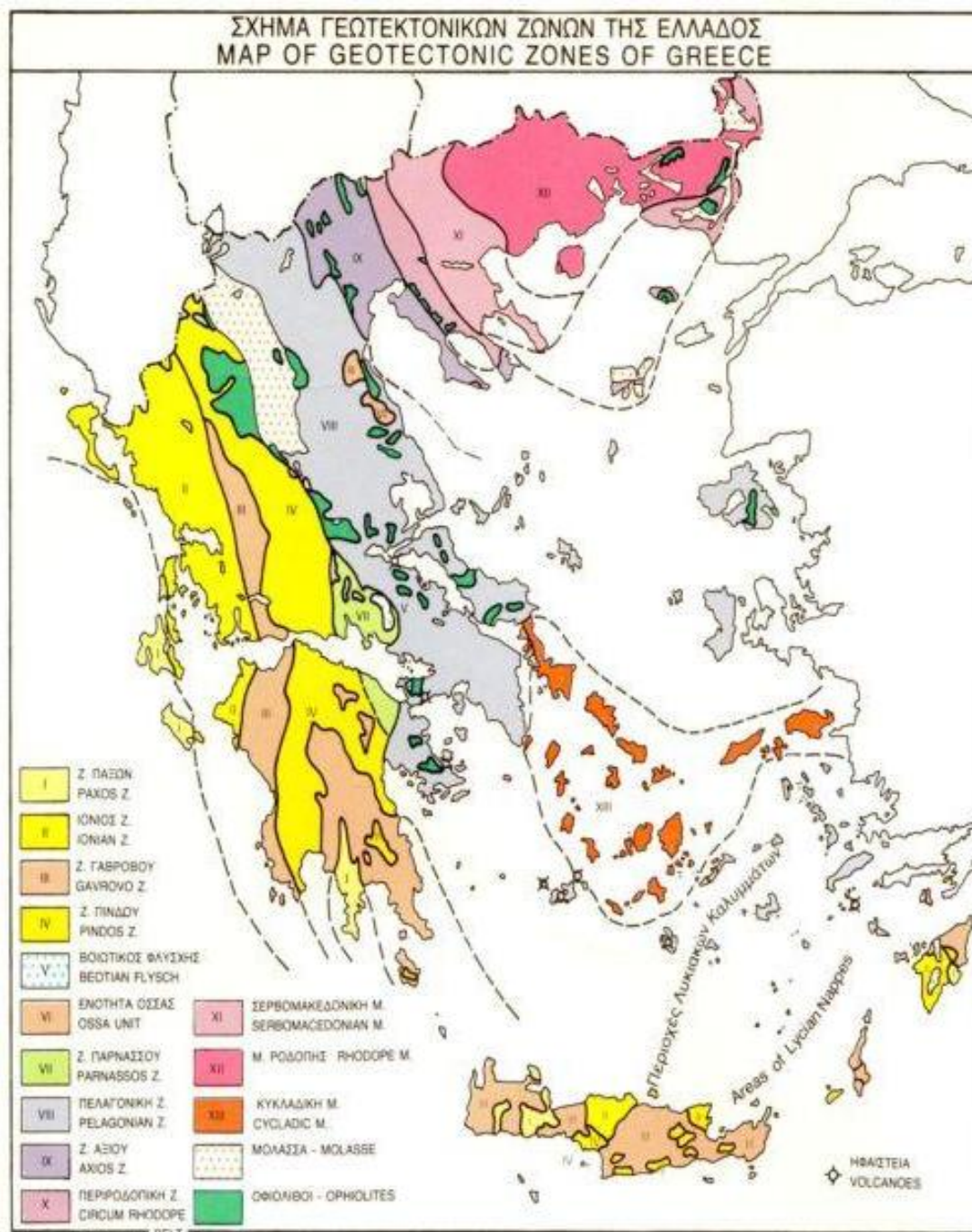


Σχήμα 3.3: Γεωμορφολογικός χάρτης Πελοποννήσου (Πηγή: Στρατικόπουλος Κ.,2007)

3.2 Γεωλογική δομή

3.2.1 Γενικά

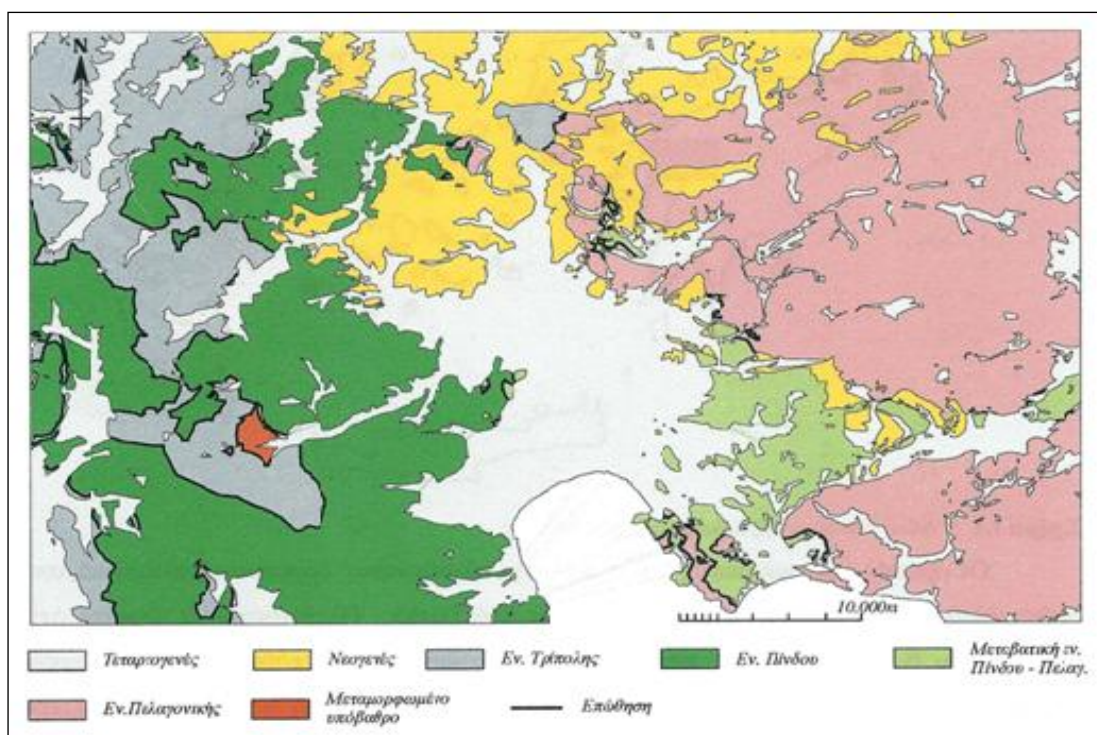
Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος περιλαμβάνει τις υδρολογικές λεκάνες που πλαισιώνουν το Αργολικό πεδίο και εκτείνεται από το οροπέδιο της Τρίπολης δυτικά μέχρι το Αραχναίο όρος ανατολικά.



Σχήμα 3.4: Γεωτεκτονικές Ζώνες της Ελλάδος (Κατσικάτσος, 1992)

Οι ορεινές και ημιορεινές μάζες που την πλαισιώνουν δομούνται λιθολογικά από ασβεστόλιθους και φλύσχη καθώς επίσης και από Πλειο - Πλειστοκαινικά ιζήματα στις βόρειες και ΒΔ παρυφές της πεδιάδας. Το μεταμορφωμένο υπόβαθρο της κεντρικής Πελοποννήσου αναπτύσσεται επιφανειακά σε περιορισμένη έκταση δυτικά του Αργολικού Πεδίου στην περιοχή των οικισμών Μερκούρι και Σπηλιά (Γιαννουλόπουλος, 2000).

Από γεωτεκτονική άποψη, αναπτύσσονται κατά σειρά από δυτικά προς τα ανατολικά οι ενότητες της Τρίπολης, Ωλονού - Πίνδου και η Πελαγονική οι οποίες αντιπροσωπεύουν το Αλπικό σύστημα (Σχήμα 3.4). Ανάμεσα στην τυπική ενότητα της Πίνδου και στην Πελαγονική αναπτύσσονται λιθολογικοί σχηματισμοί οι οποίοι έχουν χαρακτηριστεί ως *μεταβατικά ιζήματα* από την πρώτη στη δεύτερη. Το Αργολικό βύθισμα καλύπτεται από μεταλπικά ιζήματα που διακρίνονται σε Νεογενή και Τεταρτογενή (Γιαννουλόπουλος, 2000)..



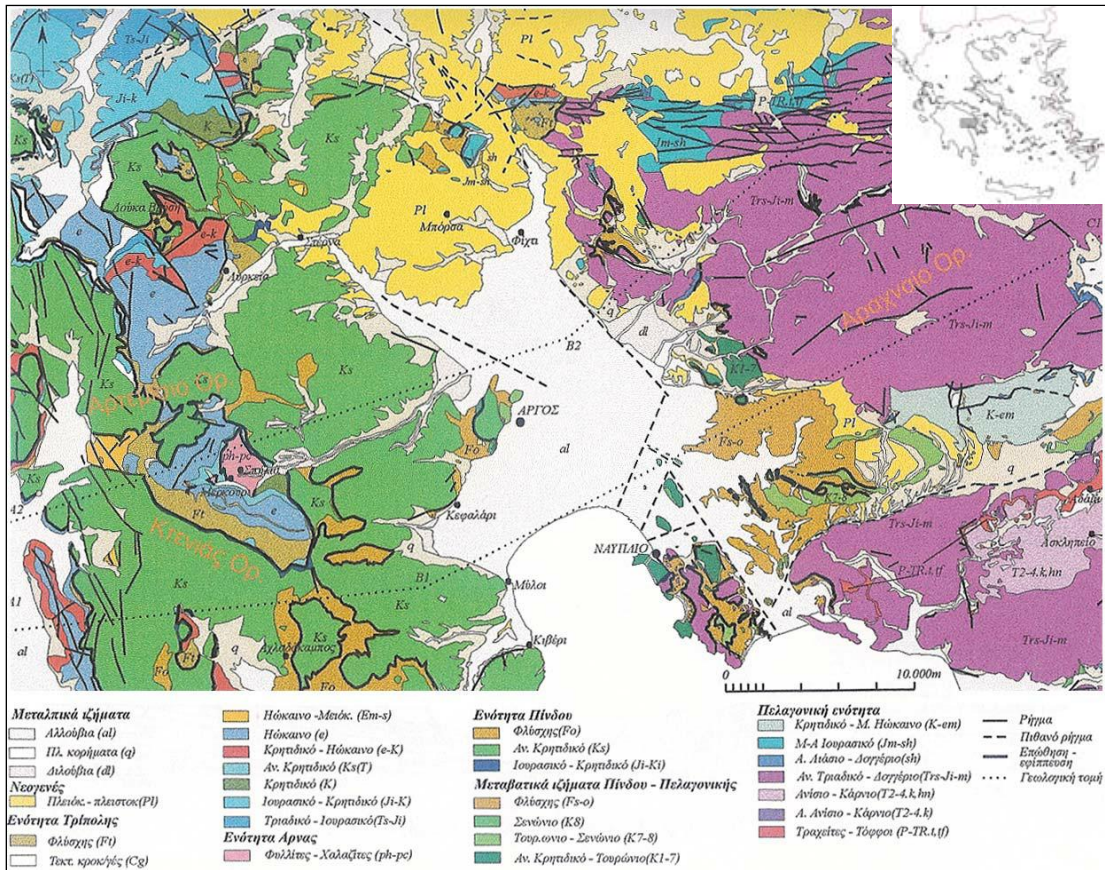
Σχήμα 3.5: Κατανομή των γεωτεκτονικών ενοτήτων στην ευρύτερη περιοχή (σύνθεση από τους υφιστάμενους Γεωλογικούς Χάρτες, έκδοσης ΙΓΜΕ, κλ. 1:50.000, Γιαννουλόπουλος, 2000)

3.2.2 Προαλπικό σύστημα

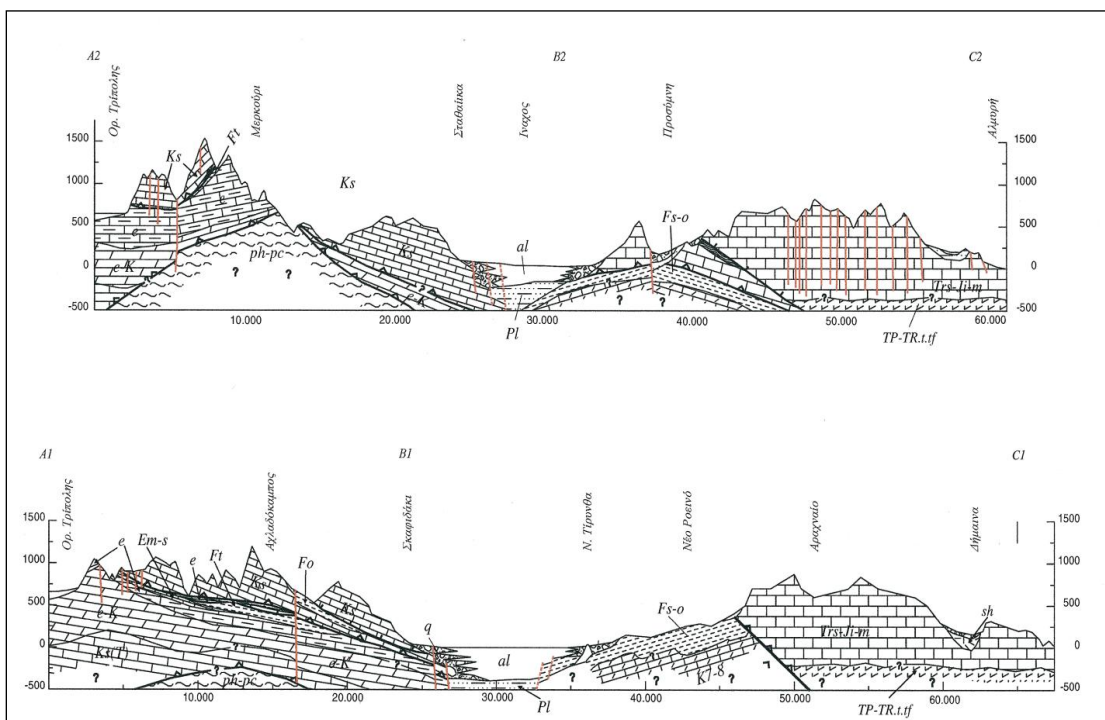
Το προαλπικό υπόβαθρο αποτελείται από ηφαιστειογενή και άλλα μεταμορφωμένα πετρώματα όπως οι σχιστόλιθοι. Μέσα στους σχιστόλιθους και τους φυλλίτες απαντούν κατά θέσεις αιματίτης και σιδερίτης σε φλέβες. Το Προαλπικό σύστημα έχει υποστεί κυανοσχιστολιθικού τύπου μεταμόρφωση σε πίεση 7 περίπου Kbar και θερμοκρασία 350°C καθώς και μια ακόμη ανάδρομη πρασινοσχιστολιθική φάση (Σκαρπέλης, 1982)

3.2.3 Αλπικό σύστημα

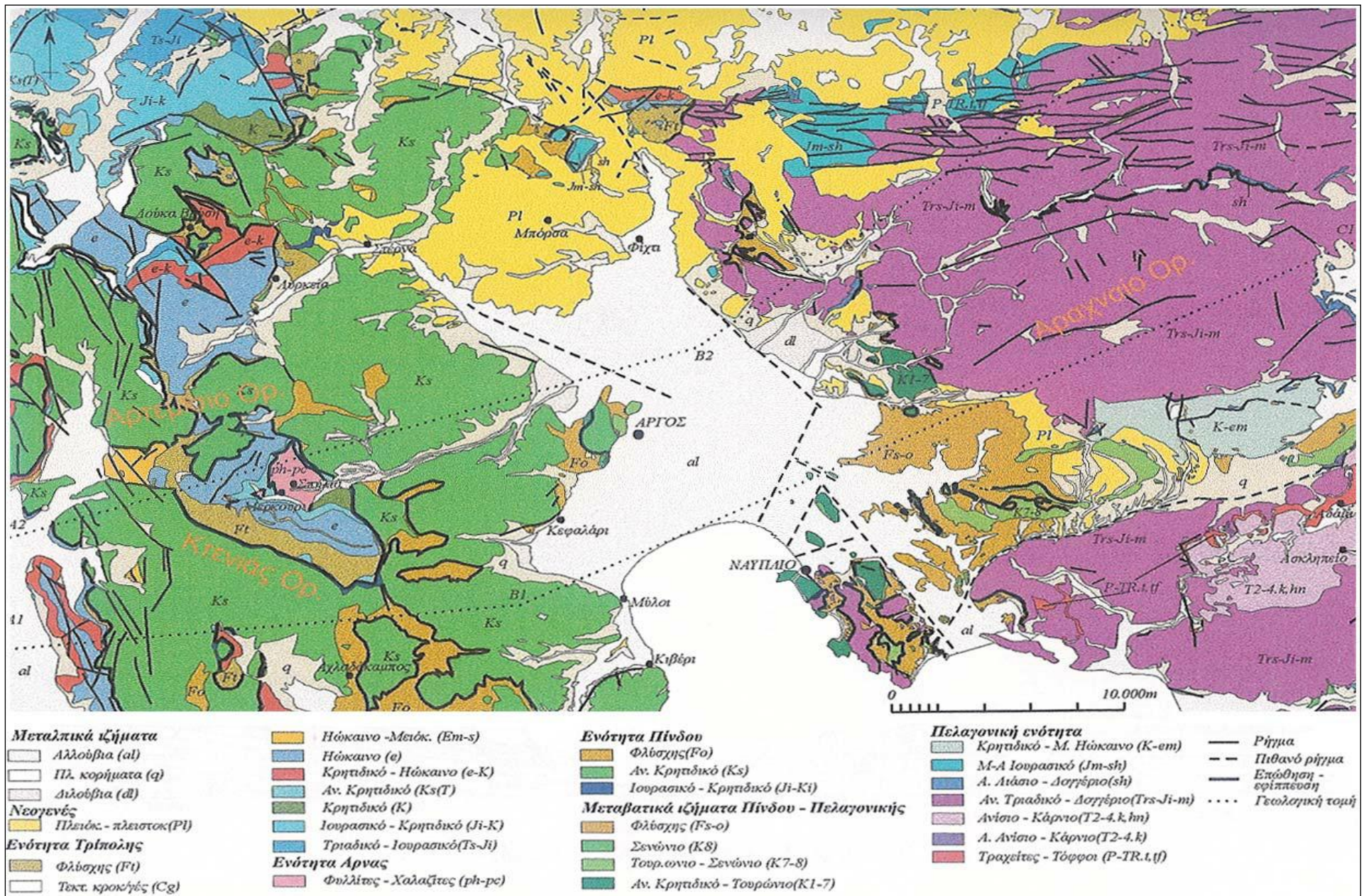
Στο αλπικό σύστημα συμμετέχουν οι ασβεστολιθικές μάζες καθώς και ο φλύσχης που δομούν τα δυτικά ορεινά συμπλέγματα του Αρτεμισίου και Κτενιά, των λόφων των Δερβενακίων στα Βόρεια, και του ορεινού συστήματος Τραπεζώνας - Αραχναίου στα Ανατολικά. Επίσης, στο ίδιο σύστημα ανήκουν και οι ασβεστολιθικές λοφώδεις εξάρσεις της Τίρυνθας και του Προφ. Ηλία καθώς και άλλες μικρότερες που απαντώνται διεσπαρμένες στην πεδινή περιοχή. Τα αλπικά ιζήματα εντάσσονται γεωτεκτονικά στις ενότητες Γαβρόβου - Τρίπολης και Πίνδου στα δυτικά, και Πελαγονικής στα Ανατολικά. Στις παραφές του Αργολικού πεδίου παρεμβάλλονται μεταβατικά ιζήματα της ενότητας της Πίνδου προς την Πελαγονική (Τάταρης και Καλλέργης, 1965).



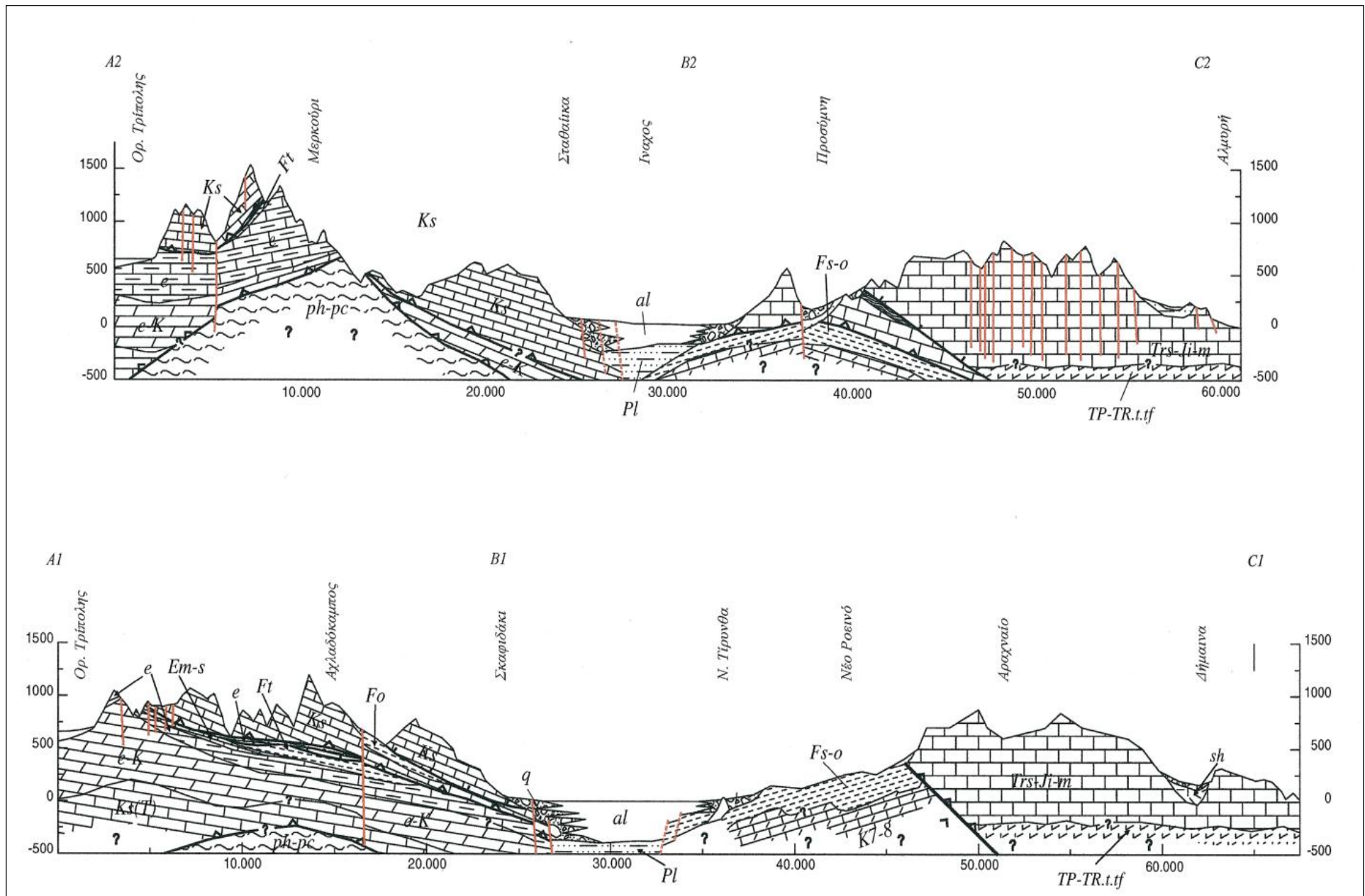
Σχήμα 3.6: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής (σύνθεση από τους υφιστάμενους Γεωλογικούς Χάρτες, έκδοσης ΙΓΜΕ, κλ.1:50.000, Γιαννουλόπουλος, 2000)



Σχήμα 3.7: Γεωλογικές τομές (βλ. σχήμα 3.6) Γιαννουλόπουλος, 2000



Σχήμα 3.6: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής (σύνθεση από υφαστάμενους Γεωλογικούς χάρτες έκδοσης ΙΓΜΕ, κλ.1:50.000, Γιαννουλόπουλος, 2000)



Σχήμα 3.7: Γεωλογικές τομές (βλ. σχήμα 3.6, Γιαννουλόπουλος, 2000)

3.2.3.1 ΕΝΟΤΗΤΑ ΓΑΒΡΟΒΟΥ - ΤΡΙΠΟΛΗΣ

Βρίσκεται δυτικά της ενότητας της Πίνδου στους δυτικούς ορεινούς όγκους της Αργολίδας. Τα ανθρακικά τμήματα της ενότητας αυτής παρουσιάζουν περιορισμένη εξάπλωση. Η ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης αναπτύχθηκε σαν συνεχής ιζηματογενής σειρά με υπόβαθρο τον κρυσταλλοσχιστώδη πυρήνα της Πελοποννήσου και αναπτύσσεται κάτω από τη ζώνη Ωλονού-Πίνδου.

Αποτελείται από παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους και δολομίτες του Ανώτερου Τριαδικού μέχρι του Κατώτερου Ηώκαινου. Ο φλύσχος αναπτύσσεται κατά το μεγαλύτερο τμήμα του σε συνέχεια με τους υποκείμενους ασβεστόλιθους. Είναι ένα σύμπλεγμα από μάργες και ψαμμιτόμαργες με φακοειδείς ενστρώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστόλιθων.

Το προαλπικό υπόβαθρο αποτελείται από ηφαιστειογενή και άλλα μεταμορφωμένα πετρώματα όπως οι σχιστόλιθοι. Η τεκτονική δομή της Τρίπολης χαρακτηρίζεται από αντίκλινα μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας και διαρρήξεις. Οι πτυχές έγιναν σε δύο πτυχογόνες φάσεις. Η μία, η επικρατέστερη, των αλπικών πτυχώσεων δίνει πτυχές με άξονα διεύθυνσης Β - Ν ενώ η δεύτερη η νεώτερη δίνει πτυχές με άξονα Α - Δ. Τα ρήγματα είναι κανονικά με επικρατούσα διεύθυνση Β - Ν. Διακρίνονται μεταπτώσεις που έγιναν πριν από την επώθηση και άλλες που έγιναν μετά.

Η στρωματογραφική κολώνα στην περιοχή περιλαμβάνει (Παπασταματίου κ. α. 1970):

- Το Αν. Παλαιοζωικό - Τριαδικό: δομείται από ένα σύμπλεγμα από λάβες και ασβεστόλιθους με πηλίτες και ψαμμίτες που είναι γνωστό ως "στρώματα του Τυρού" δεν αναφέρεται η εμφάνιση του στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος.
- Το Μέσο - Ανώτερο Ιουρασικό (Ts-Jj), αντιπροσωπεύεται από ασβεστόλιθους, δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους νηριτικής φάσης. Είναι συνήθως παχυστρωματώδεις ανοιχτότεφροι, λευκοί έως ροδόχρωμοι ασβεστόλιθοι, με μαλάκια και ελασματοβράγχια και παρουσιάζουν περιορισμένη ανάπτυξη στη περιοχή "Λούκα βρύση".
- Το Ανώτερο Ιουρασικό - Κατ. Κρητιδικό (Jj), αναπτύσσεται στην ίδια θέση σε συνέχεια με τους προηγούμενους ασβεστόλιθους. Πρόκειται για βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους, δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους σκοτεινότεφρου έως μαύρου χρώματος νηριτικής φάσης με Cladocoropsis, οι οποίοι γίνονται κυρίως ανοιχτόχρωμοι με εμφανή κρυσταλλικότητα σε βαθύτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες.

- Στο Κατώτερο Κρητιδικό (K) απαντούν κυρίως δολομίτες με *Cladocoropsis*. Περιορίζονται σε δακτυλιοειδή εμφάνιση γύρω από το τεκτονικό παράθυρο του μεταμορφωμένου υπόβαθρου στην περιοχή Μερκουρίου – Σπηλιάς.
- Το Ανώτερο Κρητιδικό (Ks), αντιπροσωπεύεται από μικρή λωρίδα ρουδιστοφόρων ασβεστόλιθων (Τουρώνιας ηλικίας) σε συνέχεια με τους προηγούμενους στην περιοχή του Κτενιά. Πρόκειται για τεφρούς έως μαύρους ασβεστόλιθους, δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους άλλοτε παχοστρωματώδεις και άλλοτε λεπτοστρωματώδεις. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία των Ρουδιστών, Γαστερόποδων, Οστρακοδών και των φυκών.
- Το Αν. Κρητιδικό - Ηώκαινο (e-K), αντιπροσωπεύεται από ασβεστόλιθους με *Miliolides* ενώ στο Μαιστρήχτιο απαντούν μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με *Orbitolides* και *Rosalines*. Απαντούν δυτικά του Αχλαδόκαμπου και ΒΔ της Λυρκείας.
- Στο Ηώκαινο - Μειόκαινο (Ems), ακολουθούν παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι ανοιχτόχρωμοι έως υπόλευκοι κατά θέσεις κυρίως σιφροί και κλαστικοί οι οποίοι μεταβαίνουν στους μελανούς βιτουμενιούχους νουμουλιτοφόρους ασβεστόλιθους (Αν. Ηώκαινο - Ακουιτάνιο). Κατά θέσεις απαντούν μεταβατικοί ορίζοντες προς το φλύσχη με χαρακτηριστικά απολιθώματα τα *Alveolina*, *Miliolidae*, *Nummulites* κ. α. Αναπτύσσονται δυτικά του άξονα Λυρκεία - Καπαρέλι, στην περιοχή του Μερκουρίου - Σπηλιάς καθώς και στα Δερβενάκια.
- Ο φλύσχος (Ft) αναπτύσσεται κατά το μεγαλύτερο τμήμα του σε συνέχεια με τους υποκείμενους ασβεστόλιθους. Πρόκειται για ένα σύμπλεγμα από μάργες και ψαμμιτομάργες με φακοειδείς ενστρώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστόλιθων.

Μεταξύ της ενότητας της Τρίπολης και της τεκτονικά υπερκείμενης ενότητας της Πίνδου μεσολαβεί κατά θέσεις (ιδιαίτερα στην περιοχή του Αρτεμισίου) μια τεκτονοϊζηματογενής ακολουθία που δομείται από ογκόλιθους ποικίλου μεγέθους και σύστασης. Κυριαρχούν τμήματα του φλύσχη της υποκείμενης ενότητας, τεμάχια της ενότητας της Πίνδου καθώς και εκρηξιγενή πετρώματα. Συνεχής στρωματογραφική κολώνα αναπτύσσεται κυρίως στην περιοχή Μερκουρίου - Σπηλιάς η οποία παρεμβάλλεται μεταξύ του υποκείμενου μεταμορφωμένου υπόβαθρου και των επωθημένων Κρητιδικών ασβεστόλιθων της ενότητας της Πίνδου.

3.2.3.2 ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΙΝΔΟΥ

Η ενότητα αυτή, παρά του ότι παρουσιάζει σημαντική εξάπλωση στην περιοχή του Αργολικού πεδίου δεν έχει ακόμη ξεκάθαρη ιδιαίτερη γεωτεκτονική ταυτότητα. Δεν έχει δηλαδή αποσαφηνιστεί εάν πρόκειται για μια αυτόνομη ενότητα, όπως στην υπόλοιπη Πελοπόννησο και στη δυτική Ελλάδα ή αν πρόκειται για μετάβαση της Ανατολικής Ελλάδας (Υποπελαγονικής) στην ενότητας της Πίνδου δυτικά. Στην περιοχή της Αργολίδας παρουσιάζονται δύο μορφές της ενότητας της Πίνδου. Το γνωστό Αρκαδικό κάλυμμα στα δυτικά, και τα ιζήματα μεταβάσεως από τη ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου.

Το Αρκαδικό κάλυμμα αναπτύσσεται από τις δυτικές παρυφές του Αργολικού πεδίου στα όρη Κτενιάς και Αρτεμήσιο μέχρι και στο οροπέδιο της Τρίπολης στα δυτικά. Οι Τάταρης και Καλλέργης, (1965), μετά από μελέτη και συσχέτιση γεωλογικών δεδομένων από τον Παρνασσό, την Κορινθία, την Αργολίδα κ.α., καταλήγουν στην παρουσία μεταβατικών στρωμάτων από την ενότητα της Υποπελαγονικής στην ενότητα της Πίνδου για την περιοχή. Η παρουσία των μεταβατικών αυτών στρωμάτων και η οριοθέτησή τους με την Υποπελαγονική ζώνη, δεν είναι ακόμη ξεκαθαρισμένη από γεωτεκτονική άποψη, παρόλα αυτά, είναι σαφές ότι λιθολογικά, περιέχουν πολλά στοιχεία από την Υποπελαγονική ζώνη.

Η στρωματογραφική εικόνα της ενότητας της Πίνδου στην περιοχή αυτή είναι (Παπασταματίου κ.α. 1970):

- Ιουρασικό - Κατ. Κρητιδικό (Jj): Αποτελείται από ένα σύστημα από τεφρούς λεπτοστρωματώδεις πλακώδεις ασβεστόλιθους και σχιστοκερατόλιθους. Περιέχουν Filaments και απαντούν σε περιορισμένες εμφανίσεις στη Στέρνα και στον Αχλαδόκαμπο.
- Μέσο - Κατώτερο Κρητιδικό (Kj): Πρόκειται για ένα σύστημα από αργιλικούς σχιστόλιθους, κερατόλιθους και φαμμίτες ερυθρού χρώματος με αδρομερέστερα κλαστικά ιζήματα και ασβεστόλιθους. Αποτελεί την κύρια επιφάνεια αποκόλλησης και επώθησης του καλύμματος στην υποκείμενη σειρά της Τρίπολης και βιβλιογραφικά περιγράφεται ως πρώτος φλύσχης της ενότητας της Πίνδου. Τα απολιθώματα σπανίζουν. Οι περιορισμένες εμφανίσεις του ορίζοντα αυτού οριοθετούν συνήθως το Αρκαδικό κάλυμμα από την υποκείμενη ενότητα της Τρίπολης.
- Ανώτερο Κρητιδικό (Ks): Αποτελεί το κάλυμμα με τη σημαντικότερη εξάπλωση στον Κτενιά και στο Αρτεμίσιο. Πρόκειται για πολυπτυχωμένους λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους λευκού, κίτρινου, και ερυθρού χρώματος,

πελαγικής φάσης με ενστρώσεις και κονδύλους κερατολίθων. Περιλαμβάνει επίσης ενστρώσεις παχυστρωματοδών μικροκρυσταλλικών ασβεστόλιθων και μαργών σε εναλλαγές και περιέχει ακτινόζωα και τρηματοφόρα όπως *Clobotruncocma* κ.α.

- Μαιστρήχτιο - Παλαιόκαινο (F₀): Περιλαμβάνει το φλύσχη ο οποίος αποτελεί ένα σύμπλεγμα από ασβεστίτικούς σχιστόλιθους και μάργες. Κατά θέσεις απαντούν σερπεντινωμένα εκρηξιγενή πετρώματα και ασβεστόλιθοι. Η έναρξη της απόθεσης του φλύσχη είναι στο Μαιστρήχτιο με μεταβατικά στρώματα συνιστάμενα από εναλλαγές μαργών και λεπτοπλακώδων ασβεστόλιθων συνήθως τεφρών με ενστρώσεις και κονδύλους πυριτόλιθων μαύρου ή ερυθρού χρώματος. Περιέχουν ακτινόζωα και τρηματοφόρα. Αναπτύσσεται σε συνέχεια με τους προηγούμενους ασβεστόλιθους ή παρεμβάλλονται σε αυτούς λόγω τεκτονικών λεπιώσεων ενώ παρουσιάζουν επίσης σημαντική εξάπλωση.

3.2.3.3 ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ)

Γεωγραφικά εξαπλώνεται στην ανατολική και βορειοανατολική περιφέρεια του Αργολικού πεδίου και στην ανατολική Αργολίδα. Η σειρά της Πελαγονικής συνίσταται από νηριτικούς ασβεστόλιθους με τοπικές μεταβάσεις σε κερατόλιθους. Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της είναι οι μεγάλες οφιολιθικές μάζες καθώς και η, μεγάλης έκτασης, σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση. Το υπόβαθρο της Πελαγονικής ζώνης αποτελείται από γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, και παρεμβολές μαρμάρων (Μουντράκης, 1985).

Η στρωματογραφική κολώνα στην περιοχή είναι η ακόλουθη (Bennert, 1972, Τάταρης κ.α. 1964):

- Το υπόβαθρο (P-TR.t,tj), της ενότητας αυτής στην περιοχή, δομείται από τραχείτες και τραχειτικούς τόφφους. Εμφανίζεται σε δύο αντικλινικές δομές στην περιοχή του Θεάτρου και στον οικισμό Αδάμι.
- Στο Κατ. Ανίσιο - Κάρνιο (T2-4,ηh) απαντούν βαθυκόκκινοι έως καστανοί κερατόλιθοι επικείμενοι στους τραχείτες.
- Στο Ανίσιο - Κάρνιο (T2-4.k,ηh) απαντούν κιτρινωποί ασβεστόλιθοι με σαφή στρώση και συχνές παρεμβολές στρωμάτων και κονδύλων κερατόλιθων. Κατά θέσεις είναι λεπτοπλακώδεις. Απαντούν επίσης και οι παχυστρωματώδεις αμμωνιτοφόροι ασβεστόλιθοι γνωστοί ως ασβεστόλιθοι του Ασκληπιείου (T2-4.,κ).

- Στο Κάρνιο - Alamo (Trs-Ji-m) απαντούν οι ασβεστόλιθοι του "Παντοκράτορα". Πρόκειται για ανοιχτότεφρους ασβεστόλιθους με λεπτά στρώματα δολομίτη που υπόκεινται της σχιστοψαμμιτοκερατολιθικής διάπλασης. Στα ανώτερα τμήματα τους γίνονται ωλιθικοί. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη στην ανατολική Αργολίδα. Ο ορεινός όγκος του Αραχναίου δομείται σχεδόν αποκλειστικά από το σχηματισμό αυτό. Είναι έντονα ρωγματωμένοι και καρστικοποιημένοι.
- Στο Αν. Αμερίο - Αογγέριο (Ji-m.k) αναπτύσσονται οι ασβεστόλιθοι τύπου "Ammoniaco Rosso".
- Μέσο -Αν. Ιουρασικό (Jm-Sh). Το Μέσο Ιουρασικό δομείται από ασβεστόλιθους χονδροπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις με ενστρώσεις και κονδύλους πυριτόλιθων ενώ μέσα σε αυτούς αναπτύσσεται η "σχιστοψαμμιτοκερατολιθική" διάπλαση. Το Αν. Ιουρασικό δομείται από ωλιθικούς ασβεστόλιθους και απαντά μόνο στις βόρειες παρυφές του Αραχναίου.
- Σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση - Ιουρασικό -Κ. Κρητιδικό (Sh). Είναι η πλέον αντιπροσωπευτική σειρά της ζώνης της Ανατολικής Ελλάδας. Δομείται από ποικιλία πετρωμάτων με επικράτηση σχιστόλιθων, ψαμμιτών, κερατολίθων. Επίσης περιέχει οφωλιθικά σώματα, τοφφικά κροκαλοπαγή και φακούς ασβεστόλιθων.
- Κρητιδικό -Μ. Ηώκαινο (K-em). Δομείται από παχυστρωματώδεις, λεπτοκρυσταλλικούς ρουδιστοφόρους ασβεστόλιθους. Κατά θέσεις περιέχουν κομμάτια Ιππουριτών.

3.2.4 Μεταλλικά ιζήματα

Τα ιζήματα αυτά διακρίνονται σε Νεογενή και Τεταρτογενή και καλύπτουν το βύθισμα του Αργολικού πεδίου, καθώς και τους λόφους βόρεια και βορειοδυτικά στην περιοχή Φύχτια-Μπόρσα.

Τα Νεογενή ιζήματα είναι Πλειοκαινικής-Ανω Πλειοκαινικής ηλικίας και περιορίζονται στην περιοχή Στέρνας-Φυχτίων και στις βορειοανατολικές παρυφές του Αργολικού πεδίου. Συνίστανται από λευκοκίτρινες μαργες, εναλλασόμενες με χονδροκόκκους ψαμμίτες, ψαμμιτόμαργες, ψηφιτοπαγή, κροκαλοπαγή και μαργαϊκά ψαμμιτοκροκαλοπαγή σε εναλλαγές. Το πάχος των ιζημάτων αυτών υπερβαίνει τα 100 m και είναι πιθανότατα Καλάβριας ηλικίας. Χαρακτηριστικό των στρωμάτων αυτών είναι η απουσία μικροπανίδας και η κλίση τους προς το νότο. Είναι αποθέσεις κυρίως ποταμοχειμάρειες και λιμναίες πάνω στο αλπικό υπόβαθρο των ενοτήτων

Τρίπολης Πίνδου και Υποπελαγονικής (IGME, 1970). Νεογενή θαλάσσιας φάσης, μικρής έκτασης, απαντώνται στην περιοχή του Κιβερίου και συνίστανται κυρίως από μάργες και ψαμμιτόμαργες. (Θεοδωρόπουλος και Παπαπέτρου-Ζαμάνη, 1970)

Στις περιοχές του Κεφαλαρίου - Κιβερίου και του Ναυπλίου απαντώνται θαλάσσιες αναβαθμίδες από κροκαλοπαγή, πιθανότατα Τυρήνιου ηλικίας. Οι διάφοροι κώνιοι κορημάτων που αναπτύσσονται στις παρυφές της πεδιάδας ανήκουν σύμφωνα με τον Maull στο Διλούβιο (Θεοδωρόπουλος και Παπαπέτρου-Ζαμάνη, 1970).

Τα Τεταρτογενή ιζήματα παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην περιοχή, γιατί λόγω της υδροστρωματογραφικής τους δομής και εξάπλωσης, φιλοξενούν μεγάλες ποσότητες νερού. Σύμφωνα με στοιχεία ερευνητικών γεωτρήσεων της ΥΕΒ, το πάχος τους ποικίλει από λίγα μέτρα μέχρι και περισσότερο από 600 m, όπως αποδείχθηκε σε ερευνητική γεώτρηση στο κέντρο του Αργολικού πεδίου στο Ανυφί, βάθους 617 m. Για το μέγιστο αυτό πάχος των Τεταρτογενών υπάρχουν αμφιβολίες επειδή στην ευρύτερη περιοχή, στο υπόβαθρο απαντούν πλειοκαινικά κροκαλοπαγή και συνεπώς ο μακροσκοπικός διαχωρισμός των Τεταρτογενών από τα πλειοκαινικά ιζήματα είναι αρκετά δύσκολος (Πουλοβασίλης κ.ά, 1996).

Η λιθολογική σύσταση και δομή των Τεταρτογενών έχει περιγραφεί εκτεταμένα από τα αποτελέσματα 59 ερευνητικών γεωτρήσεων της ΥΕΒ που έγιναν την περίοδο Οκτώβριος 1962 - Μάιος 1964, που είχε σαν σκοπό τη στρωματογραφική απεικόνιση των αλλουβιακών αποθέσεων, καθώς και τον εντοπισμό, την ανάπτυξη, και τη δομή των υδροφόρων οριζόντων.

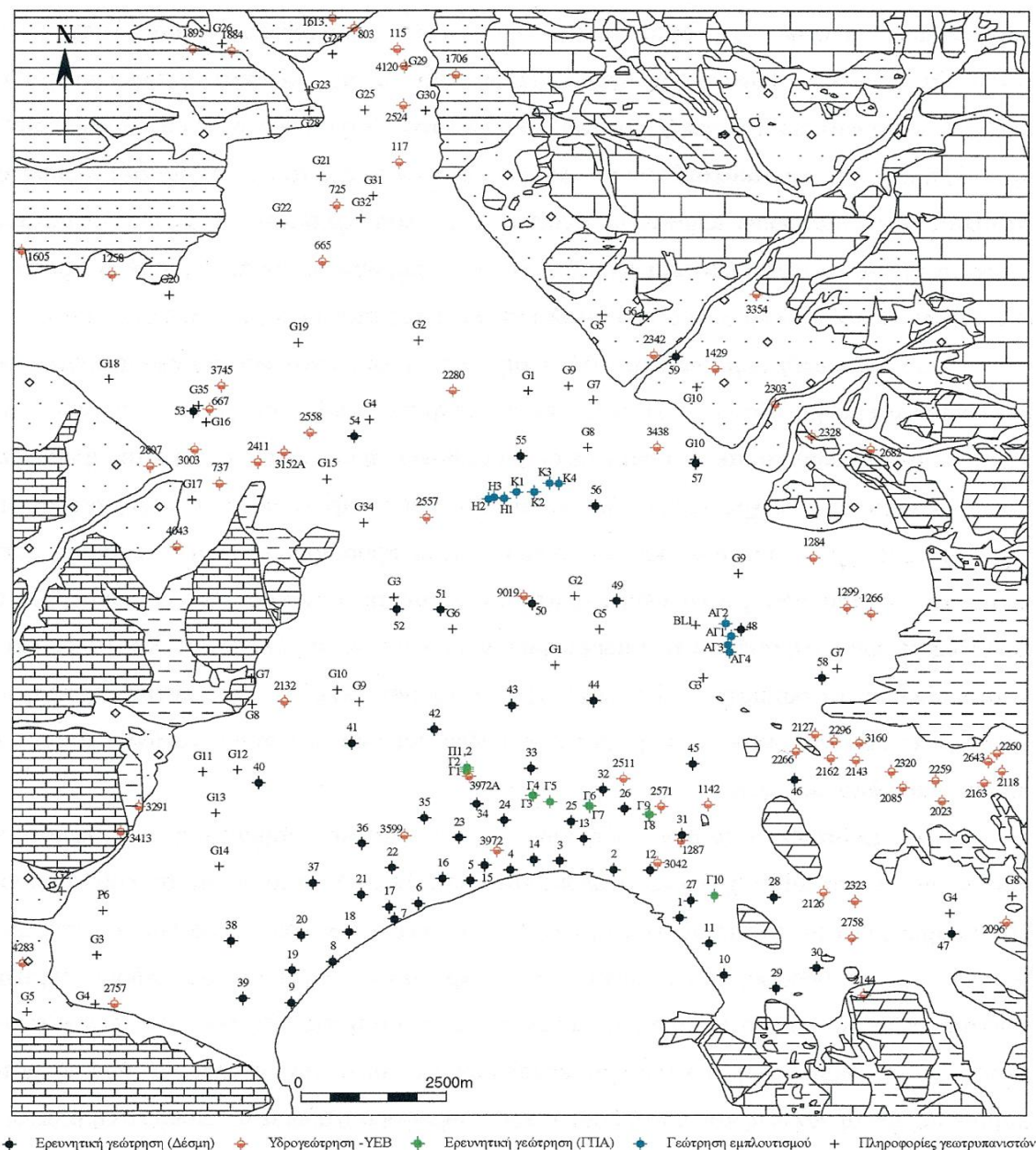
Η εικόνα συμπληρώθηκε από σχετική μελέτη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών με στοιχεία που προέκυψαν από άλλες νεώτερες γεωτρήσεις. Τα ιζήματα που διατρήθηκαν ομαδοποιήθηκαν στις παρακάτω κατηγορίες (Πουλοβασίλης κ.ά, 1996):

- Αργιλώδη ιζήματα (άργιλος, μαργαϊκή άργιλος και μάργα)
- Κλαστικά ιζήματα ασύνδετα (άμμος, ασβεστολιθικές ψηφίδες, χάλικες και κροκάλες)
- Χημικά ιζήματα (ασβεστολιθικά συγκρίματα) και
- Οργανικά (βιοκλαστικά) ιζήματα (τύρφη, κοραλλιογενείς ορίζοντες, τράπεζες ελασματοβραχιών)

Σε ορισμένες τοποθεσίες έχει απαντηθεί και το αλπικό υπόβαθρο της λεκάνης που αποτελείται στην πλειοψηφία του, από φλύσχη και κατά θέσεις από ασβεστόλιθους.

3.2.4.1 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΠΙΚΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΤΟΥ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Για την αποτύπωση της λιθostrωματογραφικής εικόνας της περιοχής αξιοποιήθηκαν από τον Π. Γιαννουλόπουλο οι τομές των γεωτρήσεων και των υδρογεωτρήσεων όπως φαίνονται στο Σχήμα 3.8. Η αξιολόγηση όλων των τομών αυτών μπορεί να δώσει πληροφορίες για την γεωμετρία αλλά και για το είδος των υδροφόρων.



Σχήμα 3.8: Θέσεις ερευνητικών γεωτρήσεων (Γιαννουλόπουλος, 2000)

3.2.4.2 ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΛΠΙΚΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Οι λιθολογικοί χαρακτήρες των ιζημάτων που δομούν το Αργολικό πεδίο ήταν ένα από τα αντικείμενα της στρωματογραφικής έρευνας των 59 ερευνητικών γεωτρήσεων

ή «Δεσμών» της περιόδου 1962-64. Από την λεπτομερή μελέτη των τομών των γεωτρήσεων αυτών (Γαλέος 1967) προέκυψε ότι τα μεταλλικά αυτά ιζήματα διακρίνονται σε έξι βασικές ενότητες. Οι ενότητες αυτές καθώς και τα επί μέρους χαρακτηριστικά τους αναλύονται στον Πίνακα 3.2. Παρακάτω αναλύονται λεπτομερώς οι έξι βασικές ενότητες σύμφωνα με το διδακτορικό του Γιαννολόπουλο Παναγιώτη (Υπόγεια Υδραυλική και Μαθηματικά μοντέλα στο Αργολικό πεδίο, 2000).

| ΙΖΗΜΑ | ΥΛΙΚΟ | ΕΠΙ ΜΕΡΟΥΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Αργιλώδη ιζήματα | Αργίλος | |
| | Μαργαϊκή άργιλος | Φαιά |
| | | Κίτρινη |
| | | Καστανόχρωη |
| | Ερυθρά | |
| Μάργα | | |
| Κλαστικά ασύνδετα ιζήματα | Άμμος | Καθαρή |
| | | Μέσα σε αργίλους |
| | Ψηφίδες | Ασβεστολιθικές |
| | | Μέσα σε αργίλους |
| | Χάλικες | Καθαροί |
| | | Μέσα σε αργίλους |
| Κροκάλες | | |
| Κλαστικά συνδεδεμένα ιζήματα | Ψαμμίτες – Ψηφιδοπαγή | |
| | Χαλικοπαγή - κροκαλοπαγή | |
| Χημικά ιζήματα | Ασβεστολιθικά ιζήματα | |
| Οργανικά - βιοκλαστικά ιζήματα | Τύρφη | |
| | Κοραλλιογενείς ορίζοντες | |
| | Τράπεζες ελασματοβραγχίων | |

| | |
|----------|-------------------------|
| Υπόβαθρο | Φλύσχης |
| | Μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι |
| | Νεογενή |

Πίνακας 3.2: Λιθολογικές ενότητες των Τεταρτογενών ιζημάτων του Αργολικού πεδίου

Από τα ιζήματα, τη μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν τα αργιλώδη και ακολουθούν τα κλαστικά ασύνδετα ιζήματα με σημαντική εξάπλωση, τα κλαστικά συνδεδεμένα ιζήματα με μικρότερη εξάπλωση, τα χημικά ιζήματα και τέλος τα οργανικά-βιοκλαστικά ιζήματα, τα οποία παρουσιάζουν περιορισμένη εξάπλωση στο Αργολικό πεδίο.

Στα αργιλώδη ιζήματα επικρατέστερη είναι η καστανόχροη μαργαϊκή άργιλος και ακολουθεί η ερυθρά. Η φαιά μάργα επικρατεί κυρίως σε γεωτρήσεις που έγιναν κοντά στην παραλία και ακολουθούν με σειρά αφθονίας η καστανόχροη, η κίτρινη και τέλος η ερυθρή. Σύμφωνα με το χρώμα των αργιλωδών ιζημάτων, το καστανό και το ερυθρό προσδιορίζει γενικά χερσαία φάση, τέτοιου είδους ιζήματα απαντούν προς το εσωτερικό της πεδιάδας με ανάλογη αύξηση των αδρομερών υλικών όπως χαλίκια, κροκάλες και ασβεστολιθικά συγκρίματα, ενώ το φαιό χρώμα απαντά κυρίως στη παράκτια περιοχή και συνοδεύεται από θαλάσσια πανίδα, άμμο και σπάνια από κλαστικά υλικά. Ο ρόλος του κίτρινου χρώματος δεν είναι αποσαφηνισμένος.

Τα κλαστικά ασύνδετα ιζήματα παρουσιάζουν σημαντική εξάπλωση και απαντούν είτε σε καθαρή μορφή, είτε αναμειγμένα με αργιλικά υλικά. Στην πρώτη περίπτωση αποτελούν τα κατ' εξοχήν υδροφόρα στρώματα. Η καθαρή άμμος είναι πυριτική, αφθονεί περισσότερο στο νότιο τμήμα του Αργολικού πεδίου και είναι ισχυρό υδροφόρο στρώμα. Τη μεγαλύτερη εξάπλωση σε αυτή την κατηγορία των ιζημάτων παρουσιάζουν οι χάλικες που επίσης αποτελούν ισχυρά υδροφόρα στρώματα. Με μικρότερη εξάπλωση από τους χάλικες εμφανίζονται οι κροκάλες, οι οποίες απαντούν σε καθαρή μορφή και αποτελούν άριστα υδροφόρα στρώματα. Τα κλαστικά υλικά είναι αποστρογγυλεμένα, γεγονός που αποδίδεται, εκτός της παρουσίας των χειμάρρων και στην παρουσία των πλειοκαινικών κροκαλοπαγών που αναπτύσσονται στις Β και ΒΔ παρυφές της πεδιάδας.

Τα κλαστικά συνδεδεμένα ιζήματα αποτελούν και αυτά υδροφόρα στρώματα, όχι όμως τόσο ισχυρά όσο τα προηγούμενα και καταλαμβάνουν σημαντική έκταση στο Αργολικό πεδίο. Η υδροφορία τους εξαρτάται από το είδος του συνδετικού υλικού.

Τα χημικά ιζήματα είναι αρκετά διαδεδομένα και απαντούν σε διάφορες μορφές, άλλοτε σαν συγκεχυμένα συγκρίματα αργιλωδών ιζημάτων, άλλοτε σε μορφή ευδιάκριτων μικρών συγκριμάτων και άλλοτε σε μορφή συμφυρμάτων, με απολιθώματα, όχι μόνο ασβεστολιθικά αλλά και ψαμμιτικά. Επίσης απαντούν και στη μορφή ενιαίου στρώματος αποτελούμενου από πορόλιθο. Σε φαιά αργιλώδη ιζήματα δεν έχουν παρατηρηθεί ασβεστολιθικά συγκρίματα.

Τα οργανικά - βιοκλαστικά ιζήματα, παρά του ότι παρουσιάζουν περιορισμένη ανάπτυξη στο Αργολικό πεδίο, αποτελούν αντιπροσωπευτικές φάσεις. Η τύρφη παρουσιάζει σημαντική εξάπλωση σε βάθη από την επιφάνεια μέχρι 60 m, σε εναλλαγές με αργιλώδη ιζήματα και δεν είναι εκμεταλλεύσιμη. Οι κοραλλιογενείς ορίζοντες απαντούν σε μεμονωμένες γεωτρήσεις κοντά στην ακτή σε βάθη που κυμαίνονται από 22 μέχρι 45 m περίπου. Οι τράπεζες ελασματοβραγχίων αποτελούνται από ευμεγέθη κελύφη *Ostrea*, συνδεδεμένα με μαργαϊκό συνδετικό υλικό και άμμο και έχουν ελάχιστη εξάπλωση.

Το υπόβαθρο της Αργολικής πεδιάδας αποτελείται από φλύσχη, Μεσοζωικό ασβεστόλιθο ή και Νεογενή κροκαλοπαγή.

3.2.5 Τεκτονική

Χαρακτηριστικό της αλπικής τεκτονικής δομής της περιοχής είναι η διαδοχική επώθηση των διαφόρων ενοτήτων με φορά από ανατολικά προς τα δυτικά. Από τη μελέτη των γραμμών ολισθήσεων διαπιστώθηκε ότι οι τεκτονικές οριζόντιες κινήσεις έλαβαν χώρα από βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά (Τάταρης και Καλλέργης, 1965, από Π. Γιαννουλόπουλο, 2000).

Στα στενά όρια της περιοχή του Αργολικού πεδίου, διάφορα τεκτονικά στοιχεία έχουν μελετηθεί και αναφερθεί σε παλιότερες μελέτες. Ο ρηγματογόνος τεκτονισμός έχει δημιουργήσει ρήγματα με κύριες διευθύνσεις ΒΔ - ΝΑ και ΒΑ - ΝΔ. Τα πρώτα είναι στην πλειοψηφία τους κανονικά ρήγματα, ενώ στα δεύτερα είναι εμφανής η οριζόντια μετατόπιση (Θεοδωρόπουλος και Παπαπέτρου-Ζαμάνη, 1970, από Π. Γιαννουλόπουλο, 2000).

Ως προς τη δημιουργία των πτυχώσεων διακρίνονται δύο κύριες πτυχογόνες παραμορφωτικές φάσεις, η νεοκιμερική, αποτυπωμένη στους τριαδικούς και ιουρασικούς ασβεστόλιθους των ανατολικών παρυφών της πεδιάδας, η οποία έδωσε πτυχές με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ, και η λαραμική ή πυρηναϊκή, που αποτυπώνεται κυρίως στους κρητιδικούς ασβεστόλιθους με διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ (Θεοδωρόπουλος και Παπαπέτρου-Ζαμάνη, 1970, από Π. Γιαννουλόπουλο, 2000).

Η μεταλπική τεκτονική χαρακτηρίζεται από κατακόρυφες κινήσεις, διαρρήξεις, καταβυθίσεις και εξάρσεις, που είχαν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ρηξιγενών βυθισμάτων, οι οποίες συνέβαλλαν στη δημιουργία του βυθίσματος του Αργολικού πεδίου. Οι κατακόρυφες κινήσεις του Τεταρτογενούς είχαν σαν αποτέλεσμα την μετατόπιση του επιπέδου βάσης του καρστ και τη δημιουργία των πηγών του υποθαλάσσιου μετώπου του Ανάβαλου. Οι υποθαλάσσιες αυτές πηγές, σε βάθος μέχρι 80 m, οι παλιές χερσαίες αναβαθμίδες και ίχνη λιθοφάγων σε διάφορα υψόμετρα (2-5 m, 50 m και 60 m), δείχνουν ότι οι κατακόρυφες κινήσεις που έλαβαν χώρα στην περιοχή είναι της τάξεως των 150 m. Ο ορεινός όγκος Τραπεζώνας-Αραχναίου έχει τεμαχιστεί από ισχυρά ρήγματα διεύθυνσης περίπου Α - Δ με μεταπτώσεις προς το Νότο (Δάλλας κ.ά., 1973).

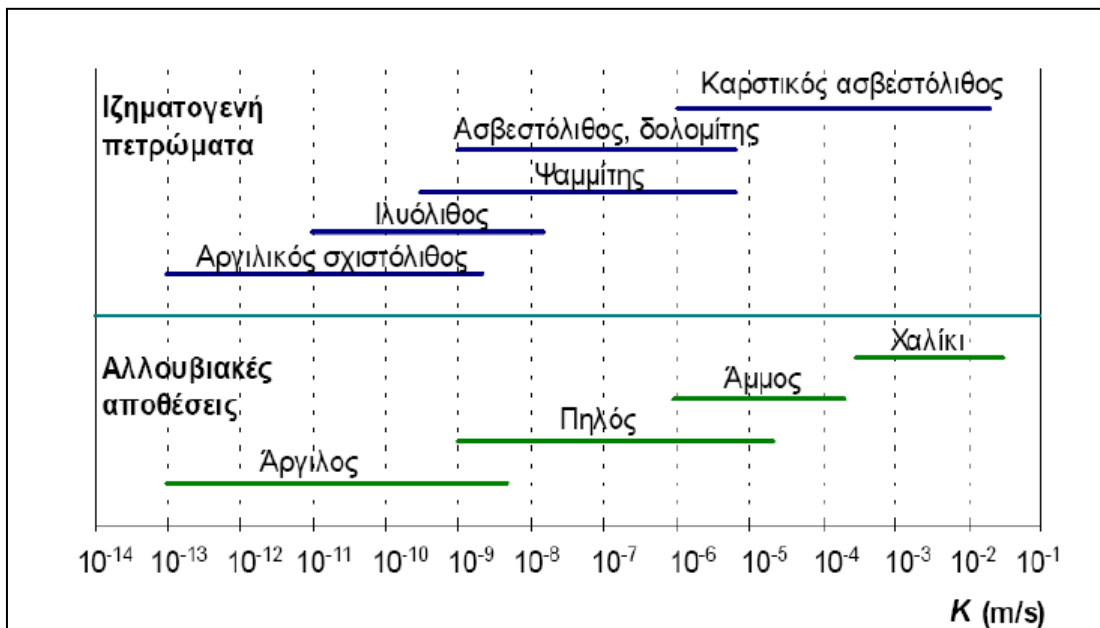
4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

4.1 Γενικά

Η υδροπερατότητα ή υδραυλική αγωγιμότητα (K) αντιπροσωπεύει την ικανότητα ενός γεωλογικού σχηματισμού να επιτρέπει τη διείσδυση και την κυκλοφορία του νερού μέσα σε αυτόν. Εξαρτάται από μια σειρά φυσικών παραγόντων οι οποίοι συνδέονται τόσο με τα χαρακτηριστικά του μέσου (πορώδες) όσο και με τις ιδιότητες του ρευστού (πυκνότητα και ιξώδες). Το πορώδες μπορεί να είναι πρωτογενές ή και δευτερογενές. Στην πρώτη περίπτωση εξαρτάται από το σχήμα, τη διάταξη και το μέγεθος των κόκκων που αποτελούν τον γεωλογικό σχηματισμό ή πέτρωμα. Στη δεύτερη περίπτωση εξαρτάται από την πυκνότητα, και το άνοιγμα των πάσης φύσεως ασυνεχειών. Δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις που συνυπάρχουν πρωτογενές και δευτερογενές πορώδες. Τότε κάνουμε λόγο για την παρουσία «διπλού πορώδους». Σχηματισμοί που χαρακτηρίζονται από την παρουσία πόρων (κενών) είναι γνωστοί ως μικροπερατοί (ή πορώδεις) σχηματισμοί. Στους μικροπερατούς σχηματισμούς, διαγενετικές διαδικασίες, όπως συμπίεση, συμπύκνωση και συγκόλληση, μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση του πρωτιγενούς πορώδους και ταυτόχρονα σε ανάπτυξη δευτερογενούς. Τους σχηματισμούς στους οποίους αναπτύσσονται πάσης φύσεως ασυνέχειες τους χαρακτηρίζουμε ως μακροπερατούς. Και στις δύο περιπτώσεις, η υδραυλική αγωγιμότητα, αλλά και η αποθηκευτική τους ικανότητα, είναι συνάρτηση του βαθμού διασύνδεσης των πόρων και των ασυνεχειών μεταξύ τους. Επιπλέον, η υδροπερατότητα των μακροπερατών πετρωμάτων είναι συνάρτηση του βαθμού διάλυσής τους από το νερό. Ο συντελεστής K έχει διαστάσεις ταχύτητας $[L/T]$. Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζονται χαρακτηριστικές τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας για το νερό που κινείται σε διάφορα γεωλογικά μέσα. Αξίζει να επισημανθεί το κατά πολλές τάξεις μεγέθους εύρος διακύμανσης της τιμής του K στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Σε ανισότροπους υδροφορείς η περιγραφή της υδραυλικής αγωγιμότητας απαιτεί τουλάχιστον τρεις παραμέτρους, τις υδραυλικές αγωγιμότητες στις τρεις κύριες διευθύνσεις. Στους ετερογενείς υδροφορείς που αποτελούν τον κανόνα, η υδραυλική αγωγιμότητα αλλάζει από θέση σε θέση.

Ωστόσο, πολύ συχνά χρησιμοποιείται η ιδιότητα της ομοιογένειας ως μία απλουστευτική προσέγγιση, η οποία γενικά είναι επαρκής για μια συγκεκριμένη κατά περίπτωση χωρική κλίμακα.



Σχήμα 4.1: Διαστήματα μεταβολής της υδραυλικής αγωγιμότητας για διάφορα γεωλογικά μέσα, με βάση στοιχεία των Domenico and Swartz, 1990 (Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης & Θ. Ξανθόπουλος, 1999)

Βάσει βιβλιογραφίας η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας χαρακτηρίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

| Υδραυλική Αγωγιμότητα K (m/sec) | Χαρακτηρισμός |
|---------------------------------|----------------------------------|
| $10^{-3} \leq K$ | ΥΨΗΛΗ |
| $10^{-5} \leq K < 10^{-3}$ | ΜΕΤΡΙΑ |
| $10^{-7} \leq K < 10^{-5}$ | ΧΑΜΗΛΗ |
| $10^{-9} \leq K < 10^{-7}$ | ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ |
| $K < 10^{-9}$ | ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ |

Πίνακας 4.1: Χαρακτηρισμός τιμών υδραυλικής αγωγιμότητας (Terzaghi & Peck-1967)

4.2 Υδρογεωλογικές συνθήκες

Στην Αργολίδα αναπτύσσονται τέσσερις κύριες υδρογεωλογικές ενότητες. Οι ενότητες αυτές διαχωρίζονται με βάση τον κυρίως τύπο του υδροφόρου συστήματος. Διακρίνουμε: το καρστικό σύστημα της Δυτικής Αργολίδας, τους κοκκώδεις υδροφορείς που αναπτύσσονται στο βύθισμα του Αργολικού Πεδίου και στην Ασίνη, το καρστικό σύστημα του Αραχναίου Όρους και το ρωγμώδες – καρστικό σύστημα στις περιοχές Τραχειά – Ερμιονίδα. Με εξαίρεση την πρώτη υδρογεωλογική ενότητα, που σε γενικές γραμμές παρουσιάζει μεγάλα αποθέματα και καλή ποιότητα νερού, οι υπόλοιπες τρεις ενότητες παρουσιάζουν προβλήματα επάρκειας και ποιότητας (κυρίως μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών ή/και χλωριόντων).

Αλλουβιακοί υδροφόροι

Οι υδροφόροι αυτοί αναπτύσσονται στις Νεογενείς – Τεταρτογενείς λεκάνες του νομού και συνίστανται από λεπτομερή υλικά, όπως άμμους, αργίλους, ψηφίδες και κροκαλοπαγή, που εναλλάσσονται τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και κατά την οριζόντια διεύθυνση. Στις ποικίλες μεταβολές της σύστασης (κοκκομετρίας) των σχηματισμών οφείλεται και η πολύ σημαντική διακύμανση της περατότητας αυτών, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται τεράστιες διαφορές στις παροχές των γεωτρήσεων που έχουν διανοιχθεί μέσα σ' αυτούς και κυμαίνονται από 2-3 m³/h έως >150 m³/h. Σε γενικές γραμμές αποτελούν τους περισσότερο εκμεταλλευόμενους υδροφόρους ορίζοντες, καθώς επάνω σ' αυτούς αναπτύσσεται το μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργειών του νομού και επομένως και η συντριπτική πλειοψηφία των ενεργών υδροληψιών (γεωτρήσεις και πηγάδια). Ενδεικτικά, το υδατικό ισοζύγιο των αλλουβιακών υδροφόρων του Αργολικού Πεδίου περιλαμβάνει μέσες ετήσιες εισροές από διάφορες πηγές (βροχόπτωση, διήθηση χειμάρρων, επιστρεφόμενες αρδευτικές ροές, απώλειες δικτύων άρδευσης, τεχνητό εμπλουτισμό, πλευρικές υπόγειες εισροές) της τάξης των 850×10⁶ m³ (Γιαννουλόπουλος Π., 2000).

Πηγαία Ύδατα

Στη δυτική Αργολίδα παρατηρούμε πλήθος σημείων εκφόρτισης πολύ μεγάλων ποσοτήτων νερού είτε παραθαλάσσια (Κεφαλάρι, Λέρνη, Κρόη, Αμυμώνη) είτε υποθαλάσσια (Κιβέρι, Ανάβαλος) είτε και σε ορεινές περιοχές (Δούκα Βρύση, Κεφαλόβρυσος, Αχλαδόκαμπος, Νεοχώρι, Καπαρέλι). Με εξαίρεση τις ορεινές πηγές, που είναι τοπικής σημασίας, οι σημαντικότερες πηγές από πλευράς ποιότητας, παροχής και θέσης είναι οι πηγές Κεφαλαρίου, Λέρνης, Κρόης και Κιβερίου. Η πηγή του Κεφαλαρίου παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις στην παροχή της, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 25-140×10⁶ m³ ανά έτος (Πουλοβασίλης κ.α., 1996), ενώ

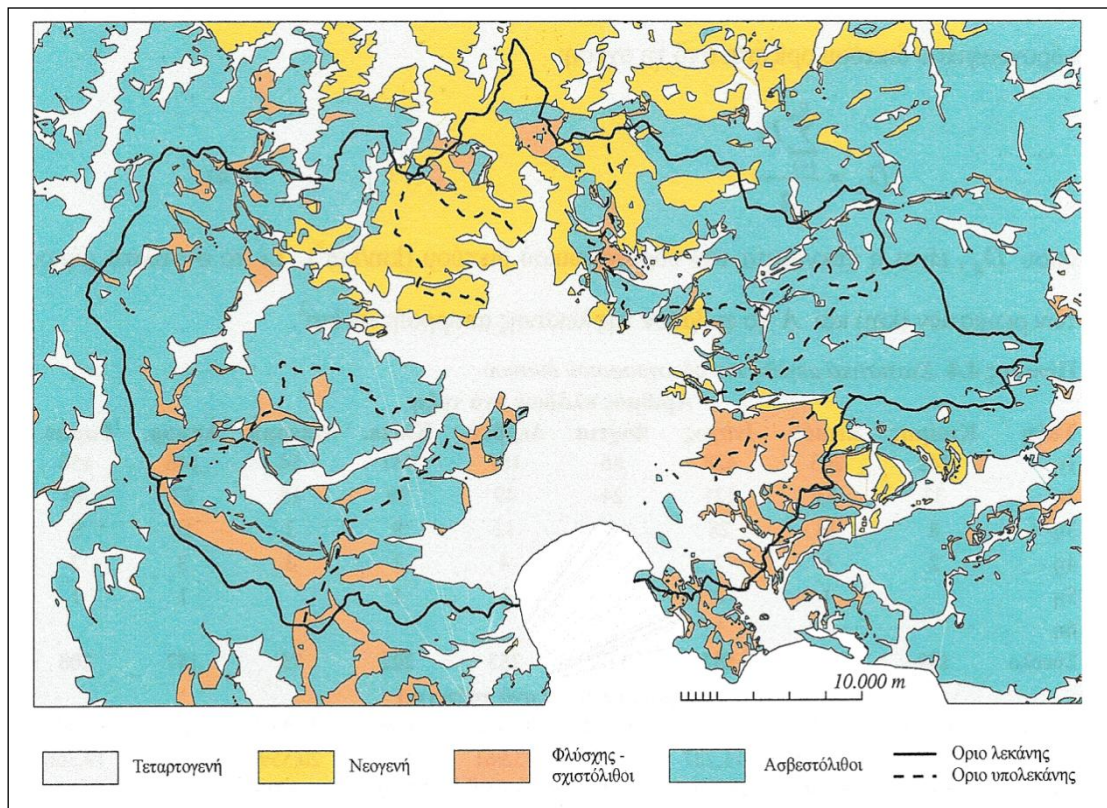
στο τέλος της ξηρής περιόδου η παροχή συνήθως μηδενίζεται. Την τριετία 2006-2008 η πηγή δεν είχε καθόλου παροχή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η πηγή της Λέρνης έχει συνεχή ροή και ετήσιες παροχές ανάλογες με αυτές του Κεφαλαρίου αλλά μικρότερες διακυμάνσεις, με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ $19-63,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Πουλοβασίλης κ.α., 1996). Η πηγή της Κρόης (Αμυμώνης) έχει ετήσιες παροχές που κυμαίνονται μεταξύ $3,8-11,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Πουλοβασίλης κ.α., 1996). Οι πηγές του Κιβερίου είναι μια ομάδα παράκτιων – υποθαλάσσιων καρστικών πηγών. Μετρήσεις παροχής των πηγών μπόρεσαν να πραγματοποιηθούν μετά την κατασκευή του φράγματος, αλλά κράτησαν μόνο για ένα περίπου χρόνο (Νοέμβριος '71 – Σεπτέμβριος '72) και έδειξαν μια ετήσια παροχή της τάξης των $409 \times 10^6 \text{ m}^3$. Η ποιότητα του νερού που εκφορτίζεται από τις εν λόγω πηγές είναι από χημικής απόψεως εντός των ορίων ποσιμοποίησης, με εξαίρεση την πηγή Κιβερίου η οποία, πέραν των χλωριόντων (συνήθως $>250 \text{ mg/l}$), παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις σιδήρου, μαγγανίου και οριακές συγκεντρώσεις μολύβδου. Το νερό του Κιβερίου μπορεί γενικά να χρησιμοποιηθεί για άρδευση σε εναλλαγή όμως με καλύτερο ποιοτικά νερό, καθώς με αποκλειστική χρήση του προβλέπεται η απόθεση μεγάλων ποσοτήτων αλάτων στο καλλιεργούμενο έδαφος (Γιαννουλόπουλος Π., 2000, Μαραβέγιας Δ., 2008).

4.3 Υδρολιθολογική ταξινόμηση και υδροφόροι σχηματισμοί

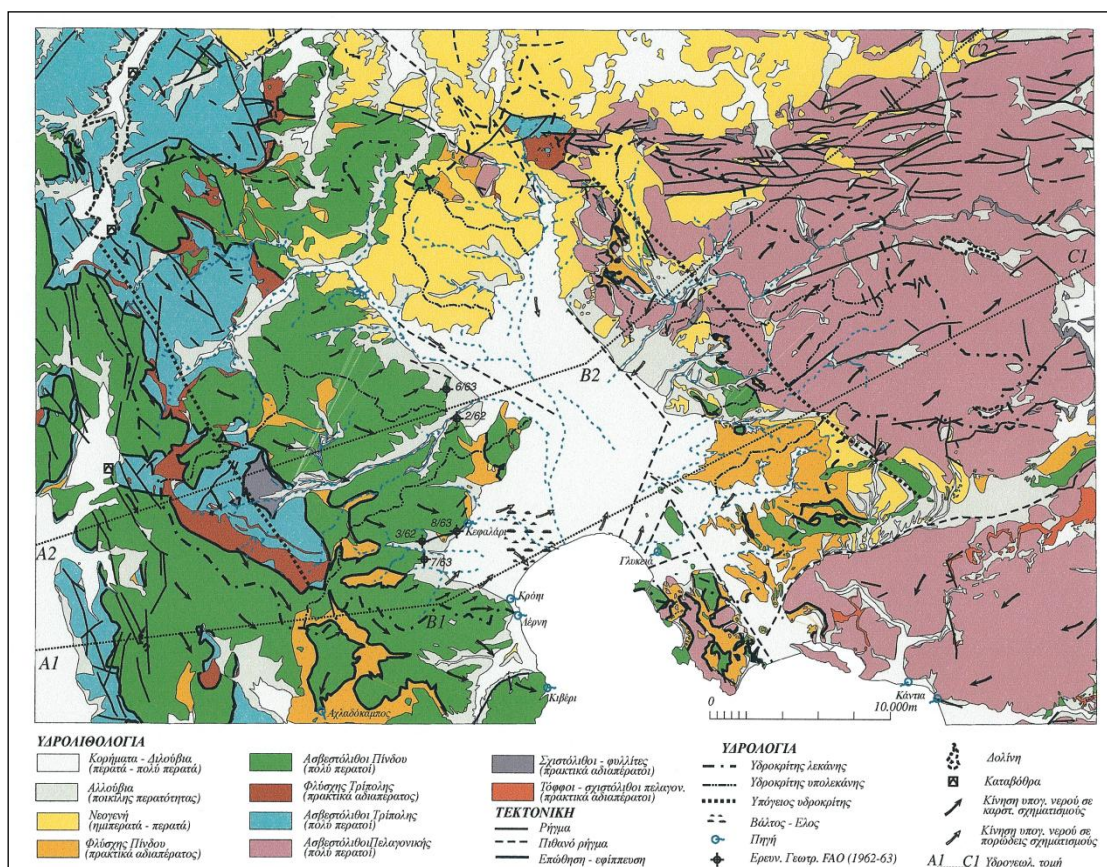
Η λιθολογική δομή του Αργολικού πεδίου συνίσταται από υδροπερατούς ανθρακικούς σχηματισμούς και από πρακτικά αδιαπέρατους σχηματισμούς (φλύσχη, σχιστόλιθους) καθώς επίσης και από σχηματισμούς ποικίλης περατότητας όπως Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα. Στο Σχήμα 4.2 φαίνεται η κατανομή των υδρολιθολογικών αυτών σχηματισμών.

Στην κίνηση όμως του νερού στους γεωλογικούς σχηματισμούς δεν ενδιαφέρει τόσο η στρωματογραφία με την κλασική της έννοια (λιθολογία, διαστρωμάτωση, σειρά απόθεσης, αλληλουχία κλπ) δεδομένου ότι σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν και άλλα γεωλογικά χαρακτηριστικά όπως ρήγματα, πτυχώσεις και κάθε μορφής ασυνέχειες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την κίνηση του υπόγειου νερού.

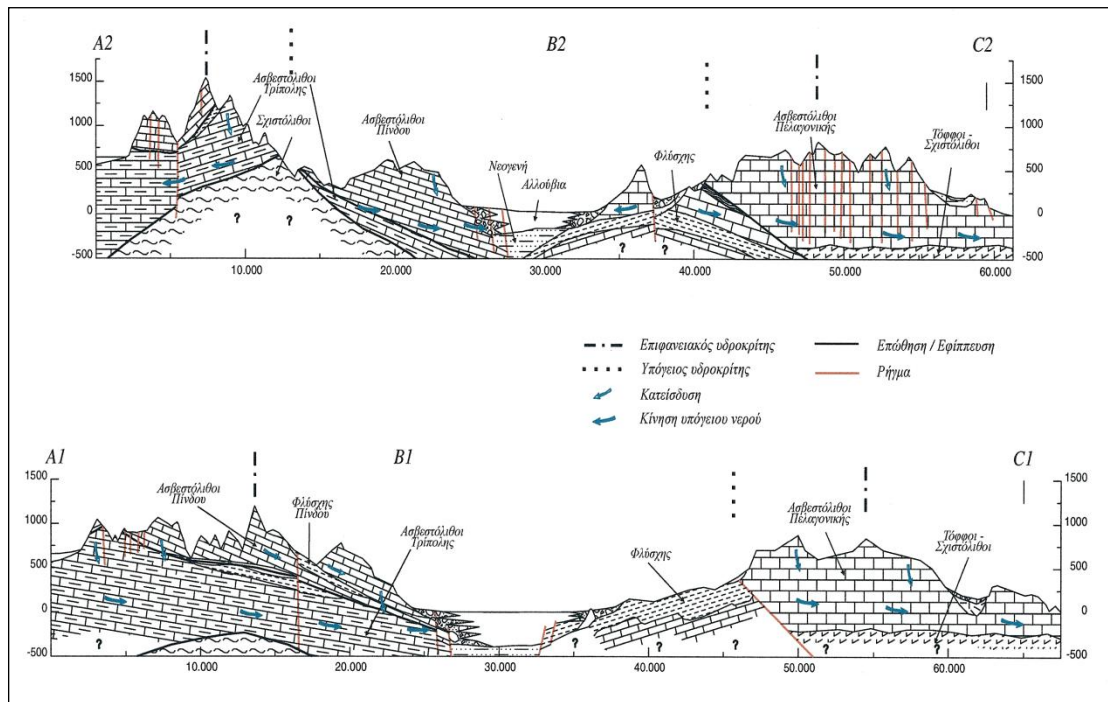
Στο σχήμα 4.3 φαίνεται υδρολιθολογικός χάρτης, ο οποίος είναι πολύ σημαντικός για την κατανόηση της κίνησης του υπόγειου νερού αλλά και για την εύρεση των ζωνών τροφοδοσίας και αποστράγγισης.



Σχήμα 4.2: Κατανομή υδρολιθολογικών ενότητων (Γιαννουλόπουλος 2000)



Σχήμα 4.3: Υδρογεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής (Γιαννουλόπουλος 2000)



Σχήμα 4.4: Υδρογεωλογικές τομές (βλ. σχήμα 4.3) (Γιαννουλόπουλος 2000)

Οι υδρολιθολογικές ενότητες που προκύπτουν ανάλογα με την περατότητα ή όχι των σχηματισμών σύμφωνα με τον Γιαννουλόπουλο είναι οι εξής:

- **Κορημάτα και Διλούβια:** Αποτελούνται από αδρομερείς, κλαστικές αποθέσεις κλιτύων και κώνους κορημάτων. Λιθολογικά αποτελούνται από ανθρακικά κοκκώδη υλικά και στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται ως *περατά έως πολύ περατά υλικά*.
- **Αλλούβια:** Καλύπτουν κυρίως πεδινά τμήματα και ιδιαίτερα την Αργολική πεδιάδα, δομούνται από εναλλαγές αδρομερών και λεπτομερών κλαστικών υλικών. Στις παρυφές της πεδιάδας τα υλικά αυτά γίνονται αδρομερέστερα. Χαρακτηρίζονται ως *ποικίλης περατότητας* υλικά ανάλογα με το κλαστικό υλικό που επικρατεί.
- **Νεογενή:** Δομούνται κυρίως από μάργες και μαργαϊκά κροκαλοπαγή. Είναι συνήθως χαμηλής περατότητας και σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζονται ως *ημιπερατοί σχηματισμοί*.
- **Φλύσχης Πίνδου:** Δομείται κυρίως από αργιλικά υλικά και στο σύνολό του χαρακτηρίζεται ως *πρακτικά αδιαπέρατος σχηματισμός*.
- **Ασβεστόλιθοι της Πίνδου:** Πρόκειται για λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις ασβεστόλιθους έντονα πτυχωμένους, ρωγματωμένους και καρστικοποιημένους. Χαρακτηρίζονται στο σύνολό τους ως *πολύ περατοί σχηματισμοί*.

- Φλύσσης της Τρίπολης: Δομείται και αυτός από αργιλώδη ιζήματα και θεωρείται *πρακτικά αδιαπέρατος*.
- Ασβεστόλιθοι της Τρίπολης: αποτελούν συνήθως μια παχιά ανθρακική ακολουθία από παχυστρωματώδεις έως άστρωτους ασβεστόλιθους και δολομίτες. Είναι καρστικοποιημένοι και χαρακτηρίζονται στο σύνολό τους ως *πολύ περατοί*.
- Ασβεστόλιθοι Πελαγονικής: Πρόκειται επίσης για μια παχιά ανθρακική ακολουθία από ασβεστόλιθους και δολομίτες έντονα καρστικοποιημένους και ρωγματωμένους με τοπικές παρεμβολές σχιστόλιθων. Χαρακτηρίζονται ως *υψηλής περατότητας σχηματισμοί*.
- Σχιστόλιθοι Αρνας (μεταμορφωμένο υπόβαθρο): Αποτελούν το υπόβαθρο των σχηματισμών δυτικά της πεδιάδας και ως σχιστόλιθοι χαρακτηρίζονται ως *πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί*.
- Τόφφοι - σχιστόλιθοι Πελαγονικής: Συνιστούν το υπόβαθρο της Πελαγονικής που αναπτύσσεται ανατολικά του Αργολικού πεδίου. Θεωρούνται ως *πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί*.

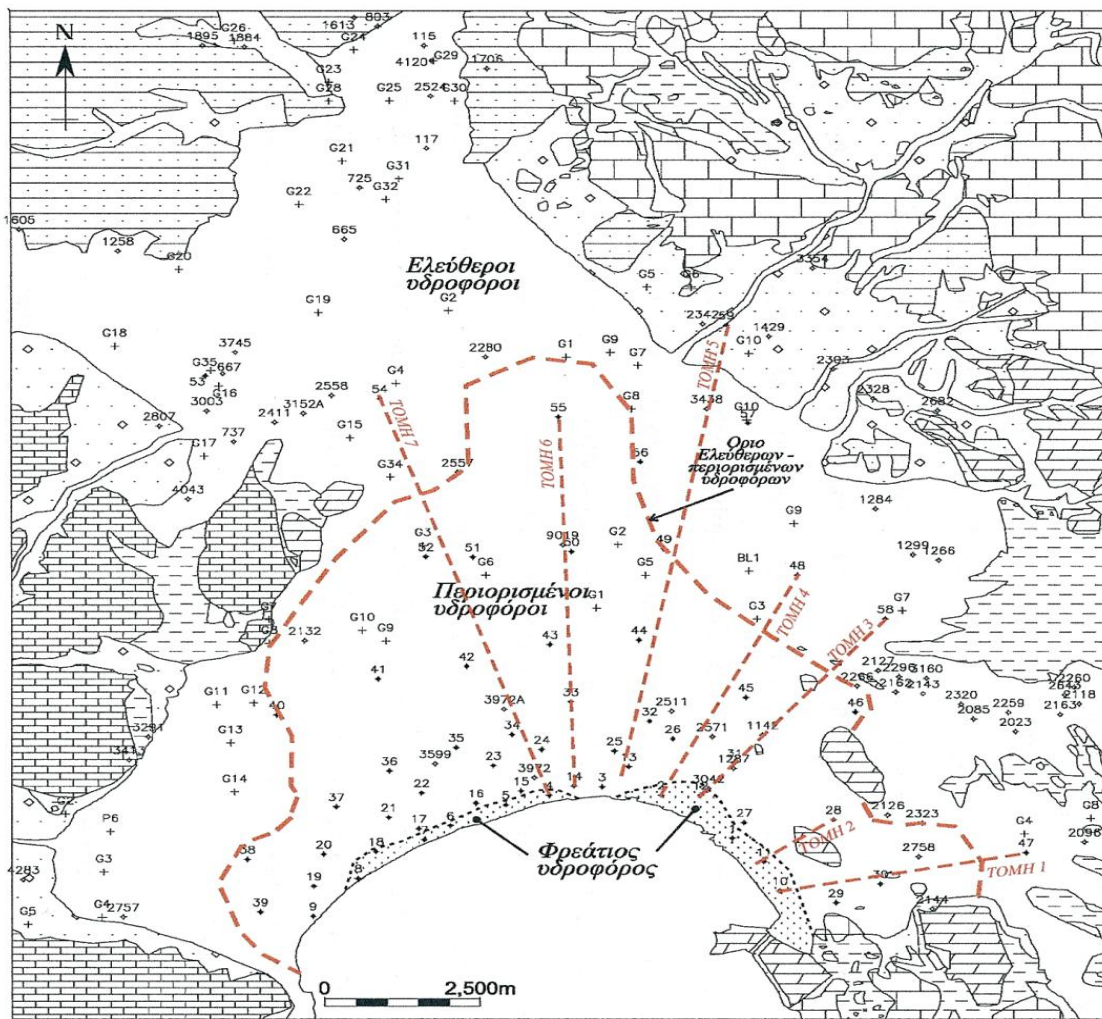
4.4 Υδροφόροι σχηματισμοί

Οι τύποι των υδροφόρων σχηματισμών που απαντούν στην περιοχή είναι οι χαρακτηριστικοί αλλουβιακοί υδροφόροι σχηματισμοί. Συνήθως ταξινομούνται ανάλογα με το περιβάλλον απόθεσης των ιζημάτων τους σε :

- Κώνους αλλουβιακών αποθέσεων
- Αλλουβιακές πεδιάδες
- Δελταϊκές αποθέσεις

Στην Αργολική πεδιάδα αναπτύσσεται μια αλληλουχία υδροφόρων σχηματισμών διαχωριζομένων από αργιλικά και αργιλώδη ιζήματα. Σε γενικές γραμμές μπορούν να ενταχτούν «συμβατικά» στα ακόλουθα υδροφόρα συστήματα (Σχήμα 4.5, Γιαννουλόπουλος 2000):

- Φρεάτιο υδροφόρο σύστημα
- Υπο πίεση υδροφόρο σύστημα
- Ελεύθεροι υδροφόροι



Σχήμα 4.5: Κατανομή υδροφόρων Αργολικού πεδίου (Γιαννουλόπουλος, 2000)

4.5 Πιεζομετρία Υδροφορέα

Οι διακυμάνσεις της πιεζομετρικής στάθμης των υδροφόρων στρωμάτων που μετρούνται στους σωλήνες των γεωτρήσεων κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού εξαμήνου και ενός υδρολογικού έτους είναι ενδεικτικές του ρυθμού φυσικής αποστράγγισης και επαναπλήρωσης του υδροφόρου ορίζοντα, όπως και ενδεικτικές του ρυθμού της εκμετάλλευσης αυτών από ανθρωπογενείς ενέργειες. Μεγάλες διακυμάνσεις της στάθμης κατά τη διάρκεια των θερινών υδρολογικών εξαμήνων δηλώνουν και υπέρμετρο βαθμό εκμετάλλευσης των υδροφορέων, πέρα από αυτόν που επιτρέπουν τα υδραυλικά τους χαρακτηριστικά. Μια τέτοια κατάσταση παρουσιάζει συνεχή ταπείνωση της πιεζομετρικής τους στάθμης στη διάρκεια συνεχών υδρολογικών ετών, δηλωτική της αυξημένης εκμετάλλευσης και εκκένωσης του υδροφορέα σε σχέση με τη φυσική του επαναπλήρωση από τις βροχοπτώσεις. Υπάρχουν διάφορες αιτίες που προκαλούν διακυμάνσεις της πιεζομετρικής επιφάνειας, είτε αυτές είναι φυσικές είτε είναι τεχνητές.

Οι φυσικές διακυμάνσεις προκαλούν είτε τυχαία αποτελέσματα, αν για παράδειγμα προκύψουν από μια φυσική καταστροφή, όπως σεισμό ή κατάρρευση ενός μεγάλου γεωλογικού σχηματισμού, είτε επαναλαμβανόμενα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις συνηθισμένες διεργασίες του υδρολογικού κύκλου (βροχόπτωση, εξάτμιση, μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης κ.α.). Αντίθετα, οι τεχνητές διακυμάνσεις προκύπτουν από ανθρωπογενείς επεμβάσεις, όπως είναι η διάνοιξη γεωτρήσεων για την άντληση των υδάτων ή η κατασκευή αποστραγγιστικών και εγγειοβελτιωτικών έργων.

4.5.1 Υδροφόρο σύστημα Αργολικού πεδίου

Το σύστημα Αργολικού πεδίου αναπτύσσεται εντός των κοκκωδών αποθέσεων του Τεταρτογενούς που δομούνται από εναλλαγές αδρομερών και λεπτομερών υλικών. Στις εισόδους των χειμάρρων στην πεδιάδα αναπτύσσονται κώνοι κορημάτων. Η έκταση του είναι 182,3 km²

Στο σύστημα αναπτύσσονται επάλληλοι υδροφόροι σχηματισμοί στους οποίους παρεμβάλλονται αργιλικά και αργιλώδη ιζήματα. Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται σε μια στενή λωρίδα κατά μήκος της παραλιακής ζώνης από την ακτή μέχρι και 200-300 m προς την πεδιάδα και εκτείνεται από το Ναύπλιο μέχρι το μέσο περίπου των ακτών του Αργολικού κόλπου. Συνίσταται κυρίως από λεπτόκοκκες άμμους με ποικίλη συμμετοχή αργιλικών υλικών. Το μέγιστο βάθος στην παράκτια ζώνη φτάνει τα 7-8m και αναπτύσσεται πάνω από το αργιλικό κάλυμμα. Το πρώτο υδροφόρο σύστημα αναπτύσσεται από τη βάση του αργιλικού καλύμματος μέχρι βάθος 28 μ και αποτελείται από αμμοχάλικα, κροκάλες και ασβεστολιθικά συγκρίματα σε εναλλαγές με αργίλους. Το δεύτερο υδροφόρο σύστημα αναπτύσσεται σε βάθος 50-70μ και συνίσταται κυρίως από ασβεστολιθικά αμμοχάλικα και κροκάλες. Το τρίτο υδροφόρο σύστημα αποτελείται από κροκαλοπαγή με παρεμβολές ψαμμιτικών κροκαλών που εναλλάσσονται με αργίλους και μάργες (Γιαννουλόπουλος, 2000).

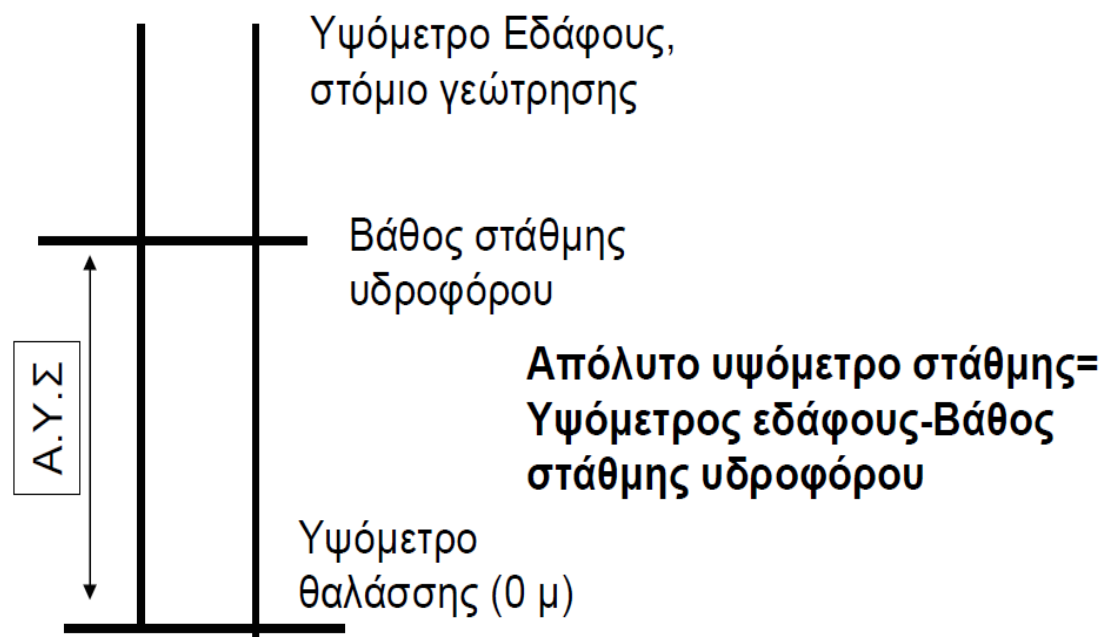
Η τροφοδοσία του συστήματος συντελείται από την απευθείας βροχόπτωση από τις διηθήσεις των ποταμών και χειμάρρων (Ίναχος, Ερασίνος, Μέρμπακα & Κλεισούρα) που το διασχίζουν και από πλευρική τροφοδοσία των καρστικών σχηματισμών (σύστημα GR0301). Από στοιχεία του ΙΓΜΕ οι απολήψεις νερού από το υδροσύστημα είναι της τάξης των 60x10⁶ m³ ετησίως οι οποίες προορίζονται για κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών τοπικού κυρίως χαρακτήρα. Εκτιμάται ότι το σύστημα δέχεται μέση ετήσια τροφοδοσία της τάξης των 50x10⁶ m³. Η φυσική ανατροφοδότησή του υπολογίζεται περίπου στα 40x10⁶ m³ ετησίως. Όσον αφορά υδραυλικά του στοιχεία η υδραυλική αγωγιμότητα (Κ) κυμαίνεται από 10-15 m/d ενώ η αποθηκευτικότητα (S) του από 10- 20 %.

Πρόκειται για ένα ισχυρά ελλειματικό πεδίο με τάση επιδείνωσης λόγω υπεράντλησης, λίπανσης εδαφών, ΧΑΔΑ, ελαιοτριβείων, οινοποιείων, τυροκομείων, πυρηνουργείων, χυμοποιείων και νεκροταφείων. Επιπρόσθετα αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα υφαλμύρωσης με εισχώρηση του υφάλμυρου μετώπου περί το μέσον του πεδίου και ταυτόχρονα παρουσιάζει υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- (50-350 mg/l) και SO_4 με κατά τόπους τιμές που αγγίζουν τα 350mg/l.

4.6 Πιεζομετρικοί χάρτες

Οι πιεζομετρικοί χάρτες, μέσω των ισοπιεζομετρικών καμπυλών τους, απεικονίζουν την μορφολογία της πιεζομετρικής επιφάνειας, όπως ακριβώς οι τοπογραφικοί χάρτες με τις ισοϋψείς καμπύλες που απεικονίζουν την μορφολογία της επιφάνειας του εδάφους.

Το ρόλο των ισοϋψών στους τοπογραφικούς χάρτες παίζουν οι ισοπιεζομετρικές ή ισοδυναμικές καμπύλες στους πιεζομετρικούς χάρτες. Κάθε μια πιεζομετρική καμπύλη ενώνει όλα τα σημεία που έχουν το ίδιο υδραυλικό φορτίο (Α.Υ.Σ)



Η πιεζομετρική επιφάνεια των υπογείων υδροφόρων προσδιορίζεται από τους χαρακτήρες της ροής που πραγματοποιείται μέσα σε αυτούς. Οι κύριοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται είναι οι εξής:

- Γεωμορφολογικές και τεκτονικές συνθήκες που καθορίζουν τη στάθμη και την πιεζομετρική πίεση, τον τύπο του υδροφόρου και το προφίλ

ταπεινώσεως.

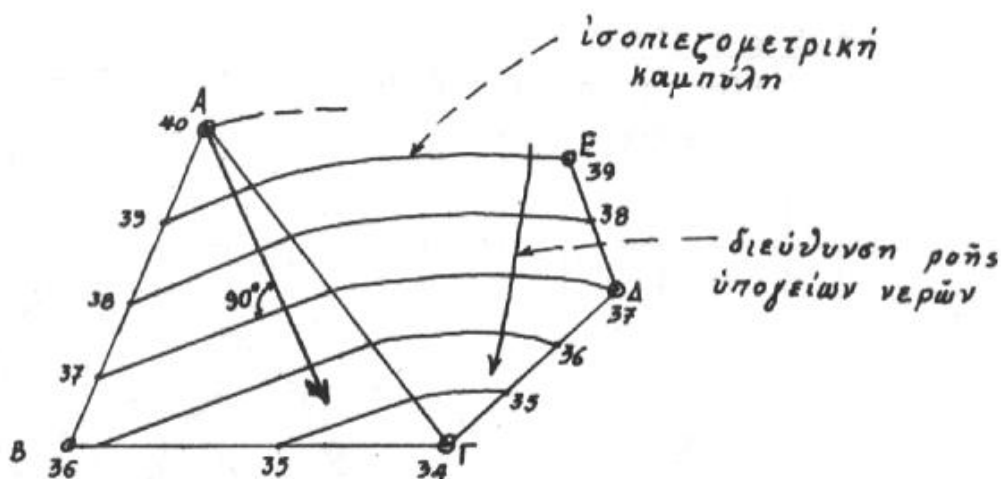
- Χαρακτηριστικά του υδροφορέα (λιθολογία, στεγανό υπόβαθρο).
- Συνθήκες τροφοδοσίας και αποστράγγισης.

Πιεζομετρικές μετρήσεις

- Πραγματοποιούνται με σταθμήμετρο και πρέπει να γίνονται τουλάχιστον δύο φορές το χρόνο.
- Περίοδος χαμηλών νερών (Οκτώβριος-Σεπτέμβριος).
- Περίοδος υψηλών νερών (Μάιος –Ιούνιος).
- Υπολογισμός πάντα του Α.Υ.Σ .
- Η μορφολογία της πιεζομετρικής επιφάνειας αφορά πάντα τη χρονική στιγμή που έγιναν οι μετρήσεις.

Κατασκευή πιεζομετρικών χαρτών

Αποτυπώνουμε όλα τα σημεία υδροληψίας πάνω σε ένα κάρναβο και στη συνέχεια ενώνουμε όλα τα γειτονικά σημεία μεταξύ τους με ευθύγραμμα τμήματα. Χωρίζουμε τα ευθύγραμμα τμήματα σε τόσα ίσα κομμάτια όσα είναι η διαφορά των πιεζομετρικών μετρήσεων μεταξύ των δύο σημείων. Στη συνέχεια ενώνουμε όλα τα ισοδυναμικά σημεία.



Ερμηνεία πιεζομετρικών καμπυλών

- Υπολογισμός του βάθους, κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, της πιεζομετρικής επιφάνειας, σε συνδυασμό με τοπογραφικό χάρτη
- Σχεδίαση γραμμών ροής και τον προσδιορισμό της διεύθυνσης

υπόγειας ροής και αποστράγγισης.

- Εντοπισμός υπόγειου υδροκρίτη.
- Προσδιορισμός υδραυλικής κλίσης.
- Σχέση τροφοδοσίας ποταμών λιμνών με τους υδροφόρους.
- Οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες δεν πρέπει να τέμνονται μεταξύ τους.
- Αν η απόσταση μεταξύ των καμπυλών μεταβάλλεται από θέση σε θέση, αυτό δηλώνει αυξομείωση της υδραυλικής κλίσης.
- Πυκνή διάταξη σημαίνει μεγάλη υδραυλική κλίση, που οφείλεται σε μεγάλη υπόγεια παροχή, ή σε μικρή υδροπερατότητα του υδροφορέα.
- Αραιή διάταξη σημαίνει μικρή υδραυλική κλίση, μικρή υπόγεια παροχή ή μεγάλη υδροπερατότητα.

Για τη διερεύνηση της πιεζομετρικής κατάστασης των εκμεταλλευόμενων υδροφόρων στρωμάτων στο χώρο της έρευνας, αξιοποιούμε τις μετρήσεις απόλυτης στάθμης των γεωτρήσεων που έχουμε στη διάθεσή μας, έτσι, ώστε να πάρουμε μια όσο το δυνατόν ακριβέστερη εικόνα της κατανομής των ισοδυναμικών γραμμών της πιεζομετρικής επιφάνειας και να εντοπίσουμε τις διευθύνσεις των δρόμων της υπόγειας ροής του νερού και τις υδραυλικές της κλίσεις. Οι μετρήσεις της πιεζομετρικής επιφάνειας στις γεωτρήσεις παρατήρησης, θα πρέπει να αναφέρονται στο ίδιο χρονικό διάστημα, έτσι, ώστε η εικόνα του πιεζομετρικού χάρτη που θα πάρουμε να χαρακτηρίζει και να αντιπροσωπεύει την υδραυλική κατάσταση των υδροφορέων σε όλη την επιφάνεια του χώρου έρευνας για την ίδια χρονική περίοδο. Η αξιοποίηση των τιμών της πιεζομετρικής στάθμης που παίρνονται στις γεωτρήσεις μπορεί να γίνει για τη θέση της στην αρχή και το τέλος καθενός υδρολογικού εξαμήνου ή ακόμη στο τέλος κάθε υδρολογικού έτους ή σειράς ετών. Η θέση των ισοδυναμικών γραμμών των πιεζομετρικών χαρτών που κατασκευάζουμε μας δίνει και την υδραυλική κατάσταση των υδροφορέων που εκμεταλλευόμαστε.

Γενικά, από ένα πιεζομετρικό χάρτη μπορούμε να:

- προσδιορίσουμε το βάθος που βρίσκεται η στάθμη των υπόγειων νερών,
- σχεδιάσουμε τις γραμμές υπόγειας ροής και τη διεύθυνση της ροής,
- σχεδιάσουμε τους άξονες υπόγειας αποστράγγισης και τον υπόγειο υδροκρίτη,
- υπολογίσουμε την υδραυλική κλίση,
- κατασκευάσουμε το προφίλ ταπείνωσης της πιεζομετρικής επιφάνειας,
- κατασκευάσουμε το χάρτη των ισοπαχών καμπύλων του υδροφορέα,
- υπολογίσουμε την αποθηκευτική ικανότητα του υδροφορέα (συνδυασμός δύο πιεζομετρικών χαρτών για δύο διαφορετικές περιόδους), πάρουμε πληροφορίες για την ύπαρξη ή όχι πλευρικής τροφοδοσίας, για τις περιοχές εκτόνωσης του υδροφορέα, για την τροφοδοσία από ποτάμια, λίμνες κλπ. και
- να αντλήσουμε πληροφορίες για την υδροπερατότητα, την παροχή και τον τύπο του υδροφορέα.

4.8 Πιεζομετρία στην περιοχή μελέτης

Για τη διερεύνηση της πιεζομετρίας ενός υδροφορέα χρειάζονται στοιχεία που αφορούν στάθμες των γεωτρήσεων και των πηγαδιών της περιοχής σε διάφορες χρονικές περιόδους. Για τον υδροφορέα που εξετάζουμε πραγματοποιήσαμε μετρήσεις στατικής στάθμης τον μήνα Οκτώβριο 2014 σε περίπου 160 γεωτρήσεις, η θέση των οποίων εντοπίζεται μέσα στα όρια του υδροφορέα. Επίσης πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία νερού όπου ήταν εφικτό (60 δείγματα) για ανάλυση και εύρεση των χημικών στοιχείων. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις στάθμης ήταν το σταθμήμετρο που φαίνεται στο σχήμα 4.6 ενώ η δειγματοληψία με ένα μικρό δειγματολήπτη (σχήμα 4.7).

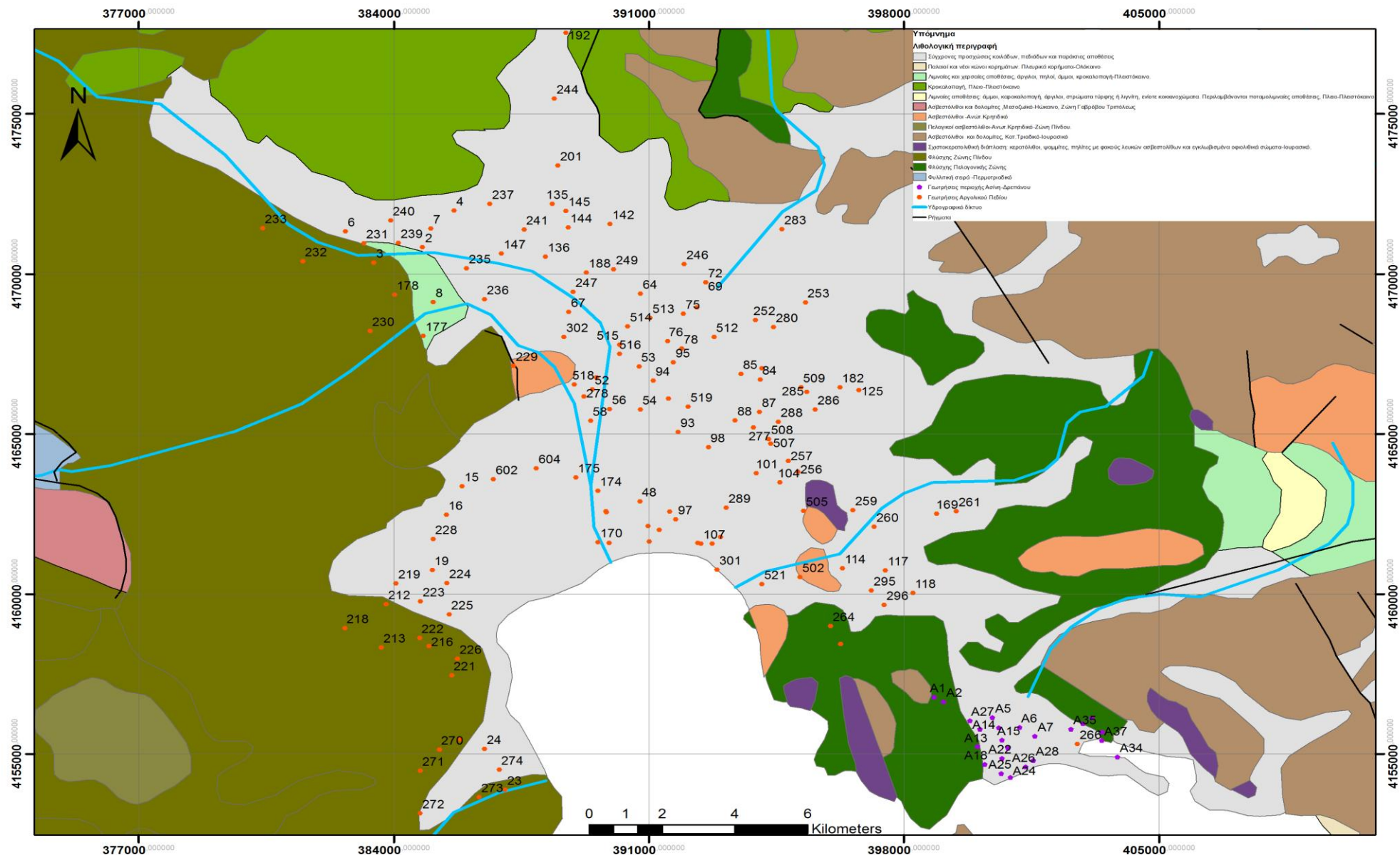


Σχήμα 4.6: Σταθμήμετρο (με πατέντα στην άκρη ώστε να μην κολλάει στο στόμιο της γεώτρησης)



Σχήμα 4.7: Δειγματολήπτης νερού από γεωτρήσεις και πηγάδια

Οι μετρήσεις της στάθμης χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του υδραυλικού (πιεζομετρικού) φορτίου κάθε σημείου όπως περιγράφεται παρακάτω. Τα ύψη Z έχουν ως σημείο αναφοράς τη στάθμη της θάλασσας. Μετρήθηκε η υψομετρική διαφορά της ανώτερης επιφάνειας του νερού των γεωτρήσεων - πηγαδιών παρατήρησης (Φ) και του υψομέτρου αυτών (Z), γνωστό από μετρήσεις με συσκευή GPS ικανοποιητικής ακρίβειας (Διπλής συχνότητας – RTK του οίκου LEICA). Έπειτα, αφαιρώντας από το γνωστό υψόμετρο της γεώτρησης τη μετρημένη υψομετρική διαφορά, υπολογίσαμε την απόλυτη στάθμη της επιφάνειας του νερού σε κάθε γεώτρηση. Από τη διαφορά του ύψους Z της γεώτρησης με τη στάθμη προκύπτει το υδραυλικό φορτίο ως προς την επιφάνεια της θάλασσας. Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης με τις ακριβείς θέσεις των γεωτρήσεων της περιοχής για τα οποία διαθέτουμε στοιχεία (όπως φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη, μετρήσεις πάρθηκαν εκτός από το Αργολικό πεδίο και στην περιοχή Ασίνη Δρέπανο όπου εφαρμόζεται τεχνητός εμπλουτισμός).



Σχήμα 4.8: Θέσεις γεωτρήσεων Αργολικό πεδίο – Ασίνη Δρέπανο

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΠΕΡΙΟΧΗ | X (m) | Y (m) | Z (m) | Βάθος (m) | ΑΥΣ (m) |
|----------|--------------------|-----------|------------|-------|-----------|---------|
| 2 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384787,41 | 4170830,68 | 58,02 | 67,70 | -9,68 |
| 3 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383443,84 | 4170345,71 | 68,06 | 74,60 | -6,54 |
| 4 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385648,31 | 4171971,25 | 51,16 | 60,70 | -9,54 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,27 | 4171326,23 | 77,29 | 81,20 | -3,91 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,07 | 4171408,42 | 57,37 | 67,30 | -9,93 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,70 | 4169114,78 | 66,48 | 75,50 | -9,02 |
| 15 | ΑΚΟΒΑ | 385871,15 | 4163361,19 | 9,66 | 8,80 | 0,86 |
| 16 | ΑΡΓΟΣ | 385439,98 | 4162464,60 | 7,72 | 5,00 | 2,72 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385053,46 | 4160739,24 | 13,07 | 11,20 | 1,87 |
| 23 | ΚΙΒΕΡΙ | 387051,23 | 4153873,17 | 10,29 | 8,80 | 1,49 |
| 24 | ΚΙΒΕΡΙ | 386491,56 | 4155152,66 | 15,28 | 13,00 | 2,28 |
| 48 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390752,73 | 4162884,59 | 4,29 | 6,80 | -2,51 |
| 52 | ΑΡΓΟΣ | 389447,18 | 4166385,69 | 18,54 | 20,90 | -2,36 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,23 | 4167095,90 | 17,14 | 20,90 | -3,76 |
| 54 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 390762,50 | 4165751,41 | 12,53 | 27,40 | -14,87 |
| 56 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 389922,00 | 4165763,20 | 14,81 | 19,40 | -4,59 |
| 58 | ΑΡΓΟΣ | 389397,83 | 4165406,60 | 15,51 | 16,30 | -0,79 |
| 64 | ΙΝΑΧΟΣ | 390772,13 | 4169380,64 | 24,04 | 49,00 | -24,96 |
| 67 | ΙΝΑΧΟΣ | 388799,96 | 4168807,59 | 29,41 | 42,80 | -13,39 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 392560,68 | 4169729,98 | 38,43 | 47,10 | -8,67 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,68 | 4169729,98 | 38,43 | 54,40 | -15,97 |
| 74 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392317,21 | 4168947,87 | 26,11 | 43,70 | -17,59 |
| 75 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391948,31 | 4168753,32 | 23,03 | 46,10 | -23,07 |
| 76 | ΗΡΑ | 391514,52 | 4167894,73 | 17,27 | 26,00 | -8,73 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,77 | 4167659,02 | 17,39 | 27,00 | -9,61 |
| 84 | ΗΡΑΙΟ | 394052,32 | 4166691,33 | 19,51 | 21,80 | -2,29 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,20 | 4166869,10 | 18,19 | 23,00 | -4,81 |
| 87 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394036,68 | 4165681,93 | 14,90 | 15,30 | -0,40 |
| 88 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 393362,52 | 4165417,71 | 10,24 | 10,50 | -0,26 |
| 90Π | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,87 | 4166095,39 | 12,49 | 13,40 | -0,91 |
| 90Γ | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,88 | 4166095,39 | 12,40 | 29,20 | -16,80 |
| 93 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 391805,06 | 4165055,76 | 9,30 | 10,90 | -1,60 |
| 94 | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391122,82 | 4166663,64 | 14,17 | 16,00 | -1,83 |
| 95 | ΗΡΑ | 391670,50 | 4167226,63 | 14,81 | 21,90 | -7,09 |
| 96Γ | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391571,52 | 4162571,47 | 4,49 | 5,20 | -0,71 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391739,02 | 4162328,69 | 4,46 | 3,80 | 0,66 |
| 98 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392636,30 | 4164581,41 | 8,44 | 8,20 | 0,24 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,10 | 4163764,41 | 11,98 | 11,40 | 0,58 |
| 104 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394595,28 | 4163477,13 | 17,48 | 16,80 | 0,68 |
| 107 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392426,34 | 4161564,20 | 3,25 | 2,60 | 0,65 |
| 114 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396314,07 | 4160791,43 | 29,81 | 28,80 | 1,01 |
| 117 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397491,44 | 4160725,36 | 41,14 | 25,00 | 16,14 |
| 118 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398243,01 | 4160021,77 | 34,29 | 28,30 | 5,99 |

| | | | | | | |
|-----|--------------------|-----------|------------|--------|-------|--------|
| 125 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396766,25 | 4166361,20 | 65,87 | 46,30 | 19,57 |
| 135 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388351,72 | 4172184,93 | 52,93 | 71,10 | -18,17 |
| 136 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388164,68 | 4170527,04 | 39,11 | 55,30 | -16,19 |
| 142 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 389931,56 | 4171550,87 | 42,35 | 65,10 | -22,75 |
| 144 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388783,21 | 4171441,49 | 43,58 | 64,30 | -20,72 |
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388724,50 | 4171955,78 | 50,25 | 71,50 | -21,25 |
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386954,44 | 4170624,57 | 43,74 | 55,90 | -12,16 |
| 169 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398895,04 | 4162500,06 | 98,26 | 57,50 | 40,76 |
| 170 | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 389599,37 | 4161608,81 | 2,63 | 2,20 | 0,43 |
| 174 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389595,59 | 4163216,99 | 6,84 | 8,70 | -1,86 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 388990,73 | 4163637,51 | 8,68 | 11,30 | -2,62 |
| 177 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384802,82 | 4168056,61 | 79,44 | 62,00 | 17,44 |
| 178 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384014,43 | 4169337,83 | 68,31 | 73,70 | -5,39 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396240,07 | 4166454,25 | 57,25 | 43,50 | 13,75 |
| 188 | ΙΝΑΧΟΣ | 389280,00 | 4170035,00 | 40,00 | 59,90 | -19,90 |
| 192 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 388722,14 | 4177530,06 | 123,86 | 39,50 | 84,36 |
| 201 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 388499,93 | 4173375,91 | 65,23 | 73,50 | -8,27 |
| 212 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383778,83 | 4159670,29 | 45,68 | 39,00 | 6,68 |
| 213 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383653,87 | 4158320,68 | 37,50 | 31,00 | 6,50 |
| 216 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 384957,66 | 4158369,38 | 13,91 | 10,30 | 3,61 |
| 218 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 382644,94 | 4158922,47 | 73,24 | 66,30 | 6,94 |
| 219 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 384059,65 | 4160317,77 | 38,10 | 33,50 | 4,60 |
| 221 | ΜΥΛΟΙ | 385580,39 | 4157452,86 | 17,95 | 14,80 | 3,15 |
| 222 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 384701,14 | 4158615,63 | 18,69 | 15,10 | 3,59 |
| 223 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 384729,72 | 4159765,21 | 23,31 | 21,10 | 2,21 |
| 224 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385456,49 | 4160333,57 | 7,77 | 6,00 | 1,77 |
| 225 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385514,00 | 4159359,00 | 7,30 | 5,30 | 2,00 |
| 226 | ΜΥΛΟΙ | 385740,69 | 4157964,10 | 6,07 | 3,20 | 2,87 |
| 228 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385075,63 | 4161711,17 | 9,01 | 7,00 | 2,01 |
| 229 | ΑΡΓΟΣ | 387280,40 | 4167117,98 | 43,45 | 46,30 | -2,85 |
| 230 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 383340,78 | 4168209,77 | 89,32 | 76,20 | 13,12 |
| 231 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383174,60 | 4170952,69 | 71,69 | 78,80 | -7,11 |
| 232 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 381494,02 | 4170390,91 | 82,75 | 58,30 | 24,45 |
| 233 | ΣΧΙΝΟΧΩΡΙ | 380396,41 | 4171421,56 | 103,32 | 66,40 | 36,92 |
| 235 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385995,92 | 4170166,81 | 48,76 | 59,00 | -10,24 |
| 236 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386489,59 | 4169199,57 | 48,61 | 51,00 | -2,39 |
| 237 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386634,40 | 4172180,45 | 49,48 | 67,20 | -17,72 |
| 239 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384121,86 | 4170963,79 | 63,70 | 73,10 | -9,40 |
| 240 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383909,40 | 4171661,62 | 72,85 | 82,10 | -9,25 |
| 241 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 387572,97 | 4171378,39 | 45,68 | 64,30 | -18,62 |
| 244 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 388401,55 | 4175474,13 | 92,16 | 50,30 | 41,86 |
| 246 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391967,01 | 4170301,96 | 35,58 | 54,80 | -19,22 |
| 247 | ΙΝΑΧΟΣ | 388917,32 | 4169424,86 | 30,02 | 46,80 | -16,78 |
| 249 | ΙΝΑΧΟΣ | 390028,32 | 4170130,25 | 30,52 | 58,90 | -28,38 |

| | | | | | | |
|-----------|--------------------|-----------|------------|--------|-------|--------|
| 252 | ΑΝΥΦΙ | 393927,86 | 4168547,23 | 32,50 | 41,10 | -8,60 |
| 253 | ΜΑΝΕΣΙ | 395294,59 | 4169097,61 | 50,66 | 58,70 | -8,04 |
| 254 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 394099,86 | 4167041,08 | 22,72 | 24,80 | -2,08 |
| 256 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 395093,07 | 4163812,62 | 22,25 | 21,90 | 0,35 |
| 257 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394826,37 | 4164150,37 | 19,89 | 19,60 | 0,29 |
| 259 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396599,26 | 4162607,64 | 45,44 | 36,60 | 8,84 |
| 260 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397182,48 | 4162097,44 | 59,07 | 51,00 | 8,07 |
| 261 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 399433,50 | 4162573,44 | 109,82 | 48,50 | 61,32 |
| 264 | ΑΡΙΑ | 395984,81 | 4158990,24 | 10,23 | 9,20 | 1,03 |
| 266 | ΔΡΕΠΑΝΟ | 402754,49 | 4155304,32 | 6,02 | 4,00 | 2,02 |
| 268 | ΜΥΛΟΙ | 385816,46 | 4155449,55 | 29,13 | 26,50 | 2,63 |
| 270 | ΜΥΛΟΙ | 385240,81 | 4155129,03 | 48,36 | 45,80 | 2,56 |
| 271 | ΚΑΛΑΜΑΚΙ | 384717,41 | 4154469,44 | 58,61 | 55,20 | 3,41 |
| 272 | ΣΠΗΛΙΩΤΑΚΙ | 384714,91 | 4153144,08 | 38,25 | 36,00 | 2,25 |
| 273 | ΚΙΒΕΡΙ | 386334,43 | 4153649,00 | 16,52 | 15,00 | 1,52 |
| 274 | ΚΙΒΕΡΙ | 386890,78 | 4154497,69 | 7,40 | 5,20 | 2,20 |
| 277 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 393866,45 | 4165192,38 | 12,83 | 14,60 | -1,77 |
| 278 | ΑΡΓΟΣ | 389213,40 | 4166164,40 | 17,71 | 19,50 | -1,79 |
| 280 | ΑΝΥΦΙ | 394419,00 | 4168325,00 | 31,00 | 39,20 | -8,20 |
| 283 | ΚΛΕΙΣΟΥΡΑ | 394647,00 | 4171391,00 | 100,00 | 60,00 | 40,00 |
| 285 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 395335,00 | 4166308,00 | 40,00 | 36,30 | 3,70 |
| 286 | ΠΑΝΑΡΙΤΙ | 395561,00 | 4165758,00 | 39,00 | 32,70 | 6,30 |
| 288 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394553,00 | 4165373,00 | 21,00 | 20,50 | 0,50 |
| 289 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 393124,00 | 4162685,00 | 6,00 | 5,70 | 0,30 |
| 294(ΦΑΚ). | ΑΡΙΑ | 396258,00 | 4158426,00 | 11,00 | 10,30 | 0,70 |
| 295 | ΠΑΝΑΓΙΑ | 397103,00 | 4160103,00 | 30,00 | 30,80 | -0,80 |
| 296 | ΠΑΝΑΓΙΑ | 397455,00 | 4159649,00 | 24,00 | 21,70 | 2,30 |
| 301 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 392872,00 | 4160753,00 | 1,00 | 8,70 | -7,70 |
| 302 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 388665,00 | 4168024,00 | 30,00 | 34,00 | -4,00 |
| 502 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395150,25 | 4160515,03 | 15,65 | 14,80 | 0,85 |
| 505 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395247,67 | 4162582,76 | 27,47 | 27,40 | 0,07 |
| 507 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394339,98 | 4164692,60 | 17,31 | 17,30 | 0,01 |
| 508 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394288,69 | 4164833,49 | 17,07 | 17,20 | -0,13 |
| 509 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 395174,13 | 4166446,70 | 36,00 | 33,90 | 2,10 |
| 512 | ΑΝΥΦΙ | 392787,23 | 4168020,98 | 21,49 | 32,30 | -10,81 |
| 513 | ΗΡΑ | 391032,32 | 4168613,04 | 19,42 | 44,20 | -24,78 |
| 514 | ΗΡΑ | 390411,67 | 4168348,19 | 21,92 | 46,60 | -24,68 |
| 515 | ΗΡΑ | 390193,77 | 4167783,97 | 20,86 | 26,00 | -5,14 |
| 516 | ΗΡΑ | 390198,87 | 4167496,14 | 19,59 | 22,80 | -3,21 |
| 517 | ΑΡΓΟΣ | 389559,18 | 4166752,31 | 19,66 | 23,00 | -3,34 |
| 518 | ΑΡΓΟΣ | 388955,82 | 4166533,58 | 21,97 | 24,60 | -2,63 |
| 519 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392080,92 | 4165846,50 | 11,54 | 11,80 | -0,26 |
| 521 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 394102,87 | 4160294,68 | 4,28 | 3,30 | 0,98 |
| 602 | ΑΡΓΟΣ | 386733,26 | 4163575,99 | 3,94 | 3,80 | 0,14 |

| | | | | | | |
|-----------------|------------|-----------|------------|------|------|-------|
| 604 | ΑΡΓΟΣ | 387907,48 | 4163916,10 | 7,59 | 7,50 | 0,09 |
| B(Π8) | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392733,94 | 4161567,71 | 2,63 | 2,20 | 0,43 |
| N2 (291) | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 392342,00 | 4161582,00 | 3,30 | 2,60 | 0,70 |
| N3 (292) | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 391012,00 | 4161627,00 | 2,80 | 1,50 | 1,30 |
| N4 (293) | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 389914,00 | 4161586,00 | 3,00 | 1,80 | 1,20 |
| E1 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389823,09 | 4162572,69 | 5,46 | 7,00 | -1,54 |
| E2 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389827,09 | 4162545,40 | 5,52 | 7,20 | -1,68 |
| E4 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390972,12 | 4162114,49 | 3,39 | 4,80 | -1,41 |
| E5 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391281,01 | 4161997,47 | 3,24 | 3,00 | 0,24 |
| E8 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392961,42 | 4161776,11 | 4,22 | 3,70 | 0,52 |
| E9 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392969,94 | 4161776,30 | 4,26 | 3,80 | 0,46 |

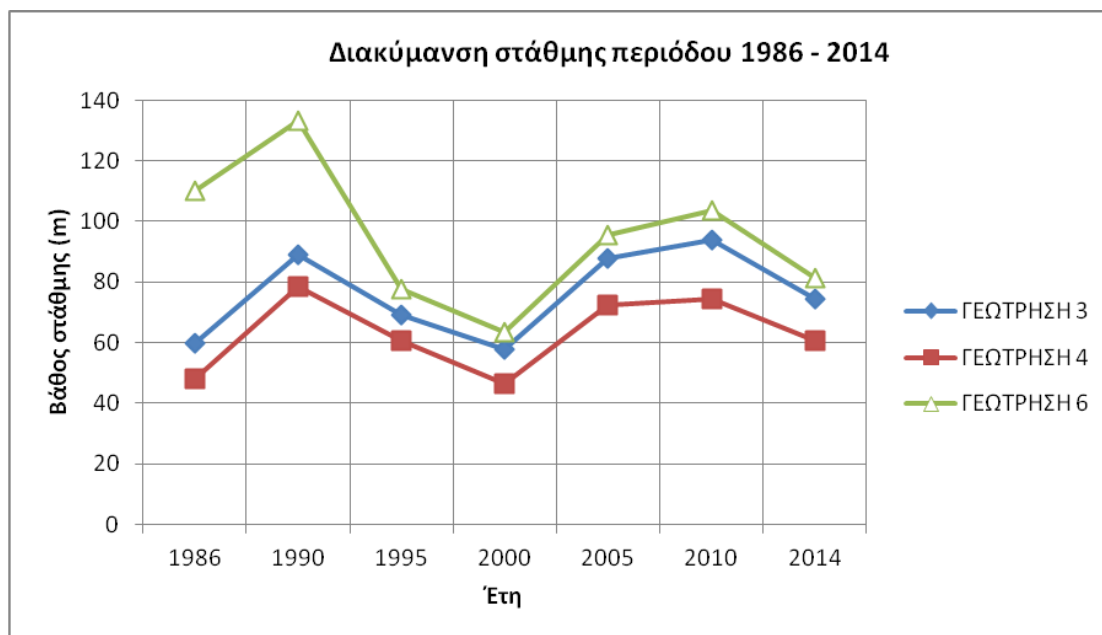
Πίνακας 4.2: Σταθμημετρήσεις Οκτ. 2014 (Αργολικό πεδίο)

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΠΕΡΙΟΧΗ | X (m) | Y (m) | Z (m) | ΒΑΘΟΣ (m) | ΑΥΣ (m) |
|------------|---------|-----------|------------|-------|-----------|---------|
| A1 | ΑΣΙΝΗ | 398829,29 | 4156773,27 | 37,78 | 13,00 | 24,78 |
| A2 | ΑΣΙΝΗ | 399083,23 | 4156625,50 | 31,29 | 7,30 | 23,99 |
| A5 | ΑΣΙΝΗ | 400425,60 | 4156127,00 | 21,40 | 14,20 | 7,20 |
| A6 | ΑΣΙΝΗ | 401176,35 | 4155825,74 | 25,32 | 23,00 | 2,32 |
| A7 | ΑΣΙΝΗ | 401595,23 | 4155551,89 | 19,14 | 17,80 | 1,34 |
| A10 | ΑΣΙΝΗ | 400853,04 | 4155168,68 | 15,84 | 14,00 | 1,84 |
| A12 | ΑΣΙΝΗ | 400015,93 | 4155226,50 | 12,49 | 6,90 | 5,59 |
| A13 | ΑΣΙΝΗ | 400086,10 | 4155772,80 | 16,10 | 8,30 | 7,80 |
| A14 | ΑΣΙΝΗ | 400605,08 | 4155810,62 | 20,22 | 17,00 | 3,22 |
| A15 | ΑΣΙΝΗ | 400689,94 | 4155427,00 | 18,44 | 16,40 | 2,04 |
| A18 | ΑΣΙΝΗ | 400213,00 | 4154666,00 | 7,15 | 5,40 | 1,75 |
| A22 | ΑΣΙΝΗ | 400688,81 | 4154852,60 | 12,11 | 10,10 | 2,01 |
| A24 | ΑΣΙΝΗ | 400918,95 | 4154262,00 | 4,70 | 2,70 | 2,00 |
| A25 | ΑΣΙΝΗ | 400668,88 | 4154376,34 | 4,88 | 3,30 | 1,58 |
| A26 | ΑΣΙΝΗ | 401334,88 | 4154589,16 | 9,23 | 8,10 | 1,13 |
| A27 | ΑΣΙΝΗ | 399805,00 | 4156037,00 | 17,00 | 7,00 | 10,00 |
| A28 | ΑΣΙΝΗ | 401550,00 | 4154786,00 | 11,00 | 8,10 | 2,90 |
| A32 | ΑΣΙΝΗ | 403149,00 | 4156116,00 | 40,00 | 16,80 | 23,20 |
| A33 | ΑΣΙΝΗ | 402911,00 | 4155941,00 | 26,00 | 9,80 | 16,20 |
| A34 | ΑΣΙΝΗ | 403859,00 | 4154904,00 | 13,00 | 9,10 | 3,90 |
| A35 | ΑΣΙΝΗ | 402583,00 | 4155768,00 | 13,00 | 9,40 | 3,60 |
| A36 | ΑΣΙΝΗ | 403439,00 | 4155682,00 | 24,00 | 19,40 | 4,60 |
| A37 | ΑΣΙΝΗ | 403430,00 | 4155419,00 | 15,00 | 11,30 | 3,70 |

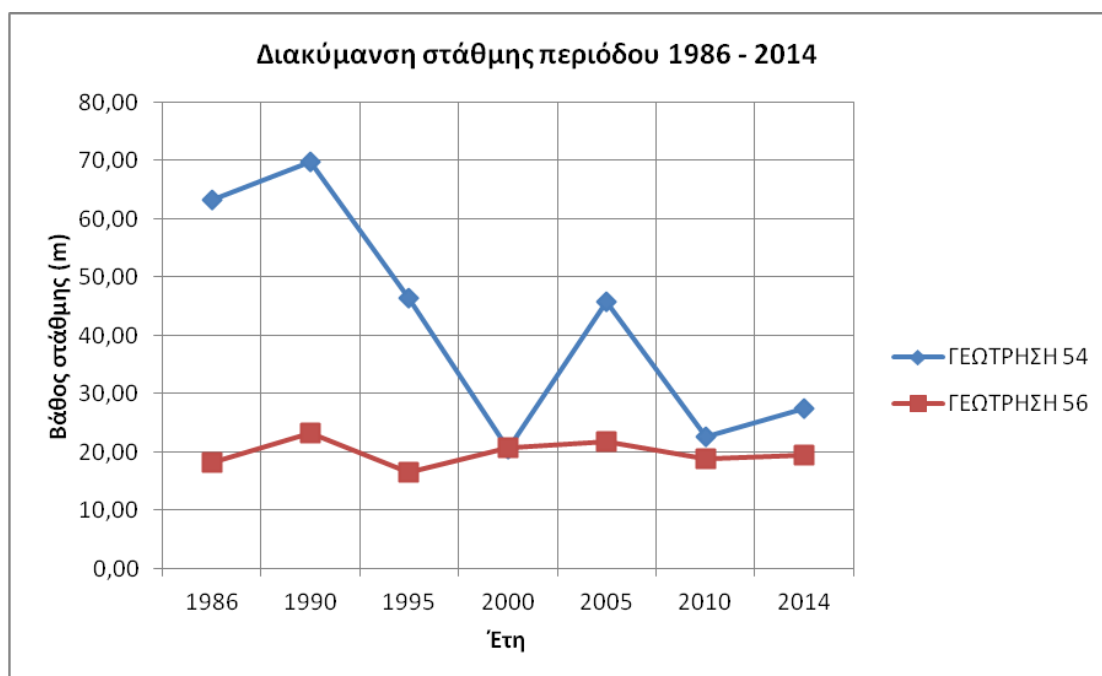
Πίνακας 4.3: Σταθμημετρήσεις Οκτ. 2014 (Ασίνη - Δρέπανο)

Από τις παραπάνω μετρήσεις παρατηρείται ότι οι απόλυτες στάθμες των υπόγειων νερών για το Αργολικό πεδίο κυμαίνονται από -28,38m (γεωτρ. 249, Ίναχος) έως 84,36m (γεωτρ. 192, Μυκήνες) με μέση τιμή -0,82m. Είναι εμφανές

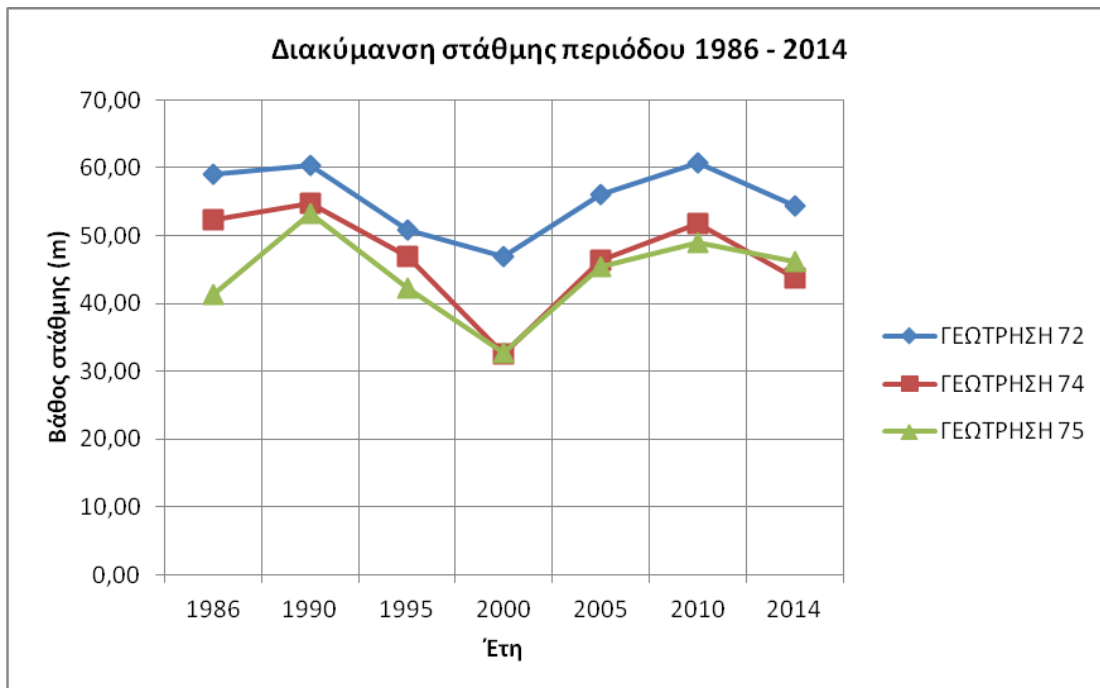
το πρόβλημα υπεράντλησης των γεωτρήσεων του Αργολικού κάμπου, το οποίο αποτυπώνεται με τα αρνητικά υδραυλικά φορτία. Οι πτώσεις στάθμης συναρτήσει του χρόνου δίδονται σε 5 χαρακτηριστικά διαγράμματα (σχήμα 4.9 έως 4.13).



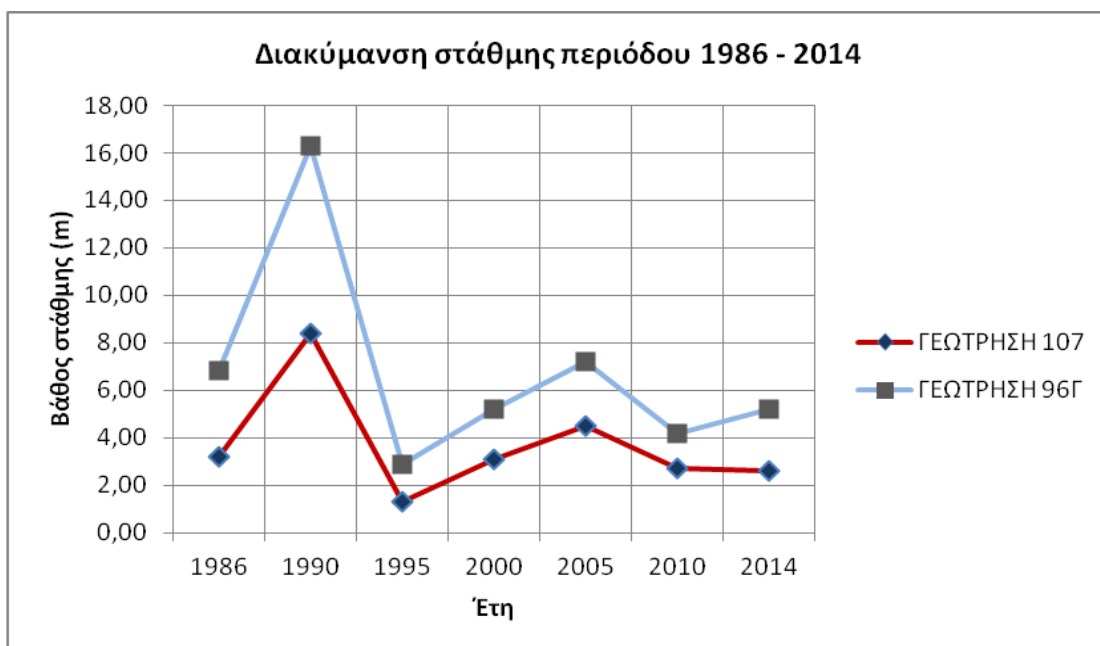
Σχήμα 4.9: Διάγραμμα μεταβολής βάθους στάθμης στις γεωτρήσεις 3,4 και 6 (στην περιοχή Κουτσοποδίου)



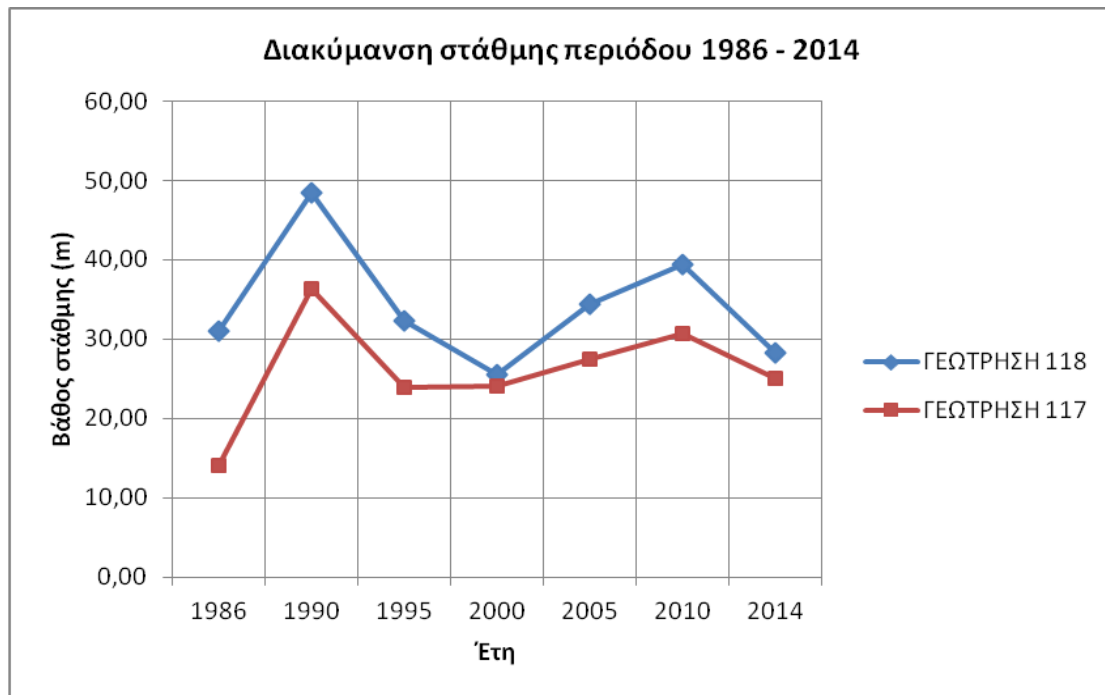
Σχήμα 4.10: Διάγραμμα μεταβολής βάθους στάθμης στις γεωτρήσεις 54 και 56 (στην περιοχή Πυργέλας)



Σχήμα 4.11: Διάγραμμα μεταβολής βάθους στάθμης στις γεωτρήσεις 72,74 και 75 (στην περιοχή Χώνικα)



Σχήμα 4.12: Διάγραμμα μεταβολής βάθους στάθμης στις γεωτρήσεις 107 και 96Γ (στην περιοχή Δαλαμανάρας)



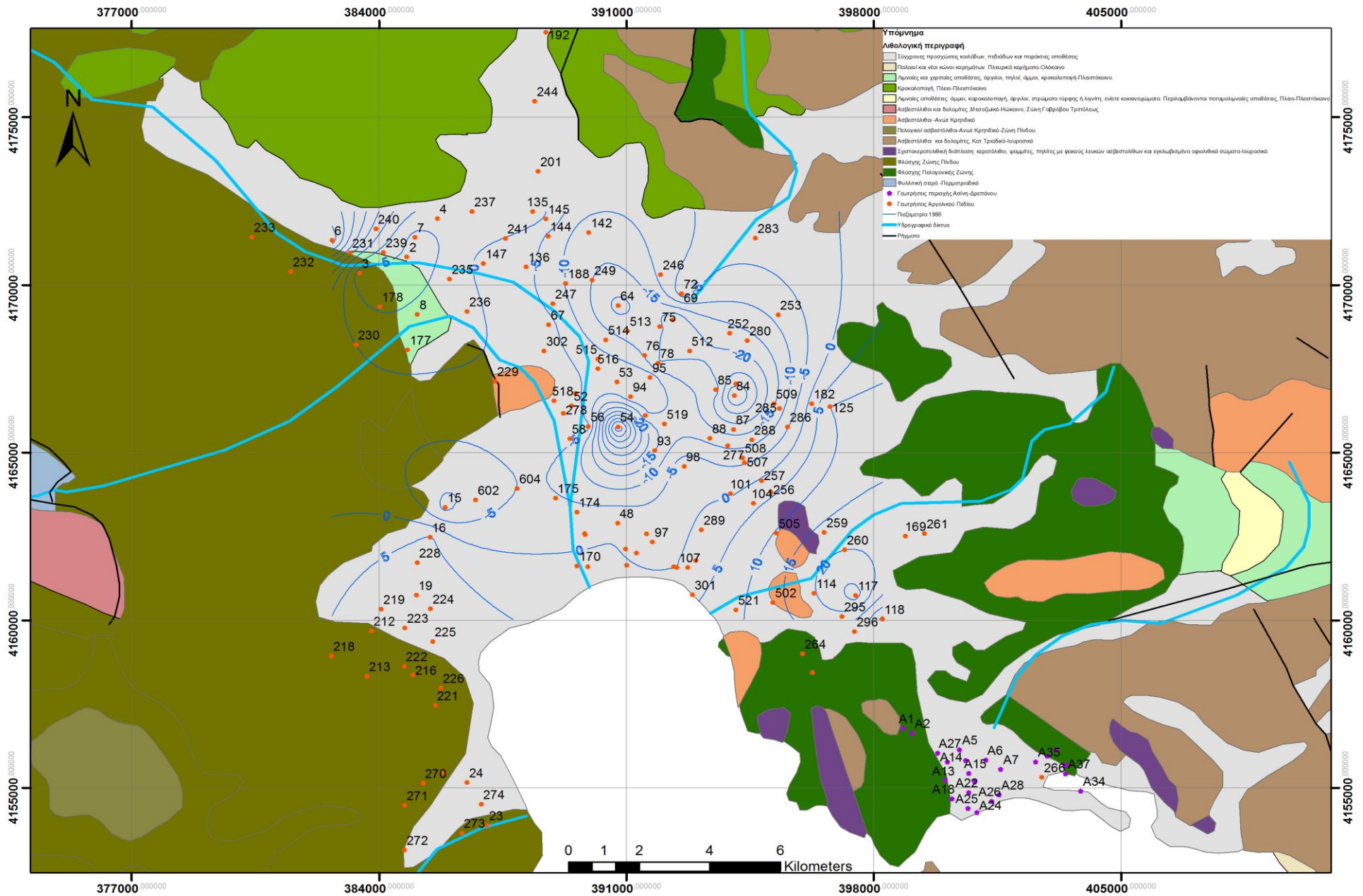
Σχήμα 4.13: Διάγραμμα μεταβολής βάθους στάθμης στις γεωτρήσεις 118 και 117 (στην περιοχή Αγίου Ανδριανού)

Σε αντίθεση με το Αργολικό πεδίο, στην περιοχή Ασίνη – Δρέπανο οι απόλυτες στάθμες των υπόγειων νερών κυμαίνονται από 1,13m έως 24,78m με μέση τιμή 6,81m. Παρατηρείται, ότι απουσιάζουν οι αρνητικές τιμές από τα υδραυλικά φορτία γεγονός που υποδηλώνει ότι δεν λαμβάνουν πλέον χώρα εντατικές αντλήσεις σε μεγάλη κλίμακα (παρακάτω παρατίθεται συγκριτικός πίνακας των ετών 2010 και 2014, πίνακας 4.4) . Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών από το δίκτυο του Αναβάλου, το οποίο άρχισε να λειτουργεί από το 2000 περίπου.

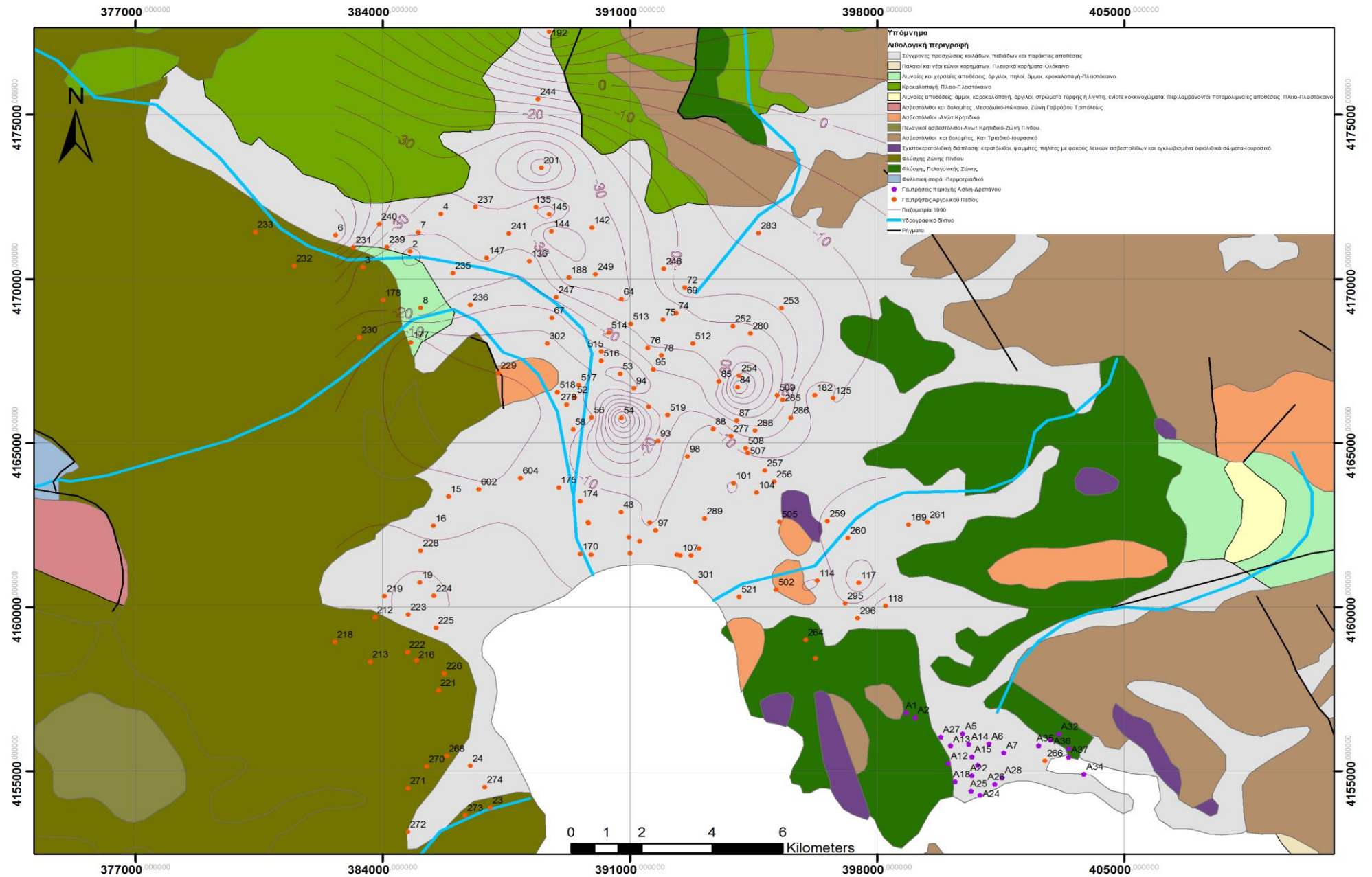
Με τη χρήση των παραπάνω δεδομένων και τη βοήθεια του λογισμικού Surfer Golden Software 11 και ArcGis 10.1, σχεδιάστηκαν οι ισοδυναμικές καμπύλες οι οποίες παρουσιάζουν την απόλυτη στάθμη των υπογείων νερών του παράκτιου υδροφορέα κατά τη διάρκεια των ετών 1986-2014. Κατασκευάστηκαν πιεζομετρικοί χάρτες για τον μήνα Οκτώβριο από το 1986 έως το 2014 ανά πέντε χρόνια (σχήμα 4.14 έως 4.21). Τα δεδομένα για τις στάθμες των προηγούμενων ετών, πρόκειται για αδημοσίετα στοιχεία, που μας παραχωρήθηκαν αποκλειστικά και μόνο για τη σύνταξη της παρούσης μεταπτυχιακής διατριβής από το τμήμα Υδρο – οικονομίας στην Νομαρχία Αργολίδος. Τα στοιχεία αυτά αφορούν μετρήσεις σε πηγάδια και γεωτρήσεις, η θέση των οποίων εντοπίζεται μέσα στα όρια του υδροφορέα, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από το τεχνικό τμήμα Υδρο – οικονομίας της Νομαρχίας Ναυπλίου.

Επειδή οι τιμές για τις στάθμες είναι σημειακές, χρησιμοποιήθηκε η γεωστατιστική μέθοδος Kriging στην κατασκευή του κανάβου. Έτσι προκύπτουν οι παρακάτω πιεζομετρικοί χάρτες της περιοχής του υδροφορέα με τη μέθοδο Kriging, που δεν είναι άλλο από τη δισδιάστατη απεικόνιση της κατανομής του υδραυλικού φορτίου και της ροής του.

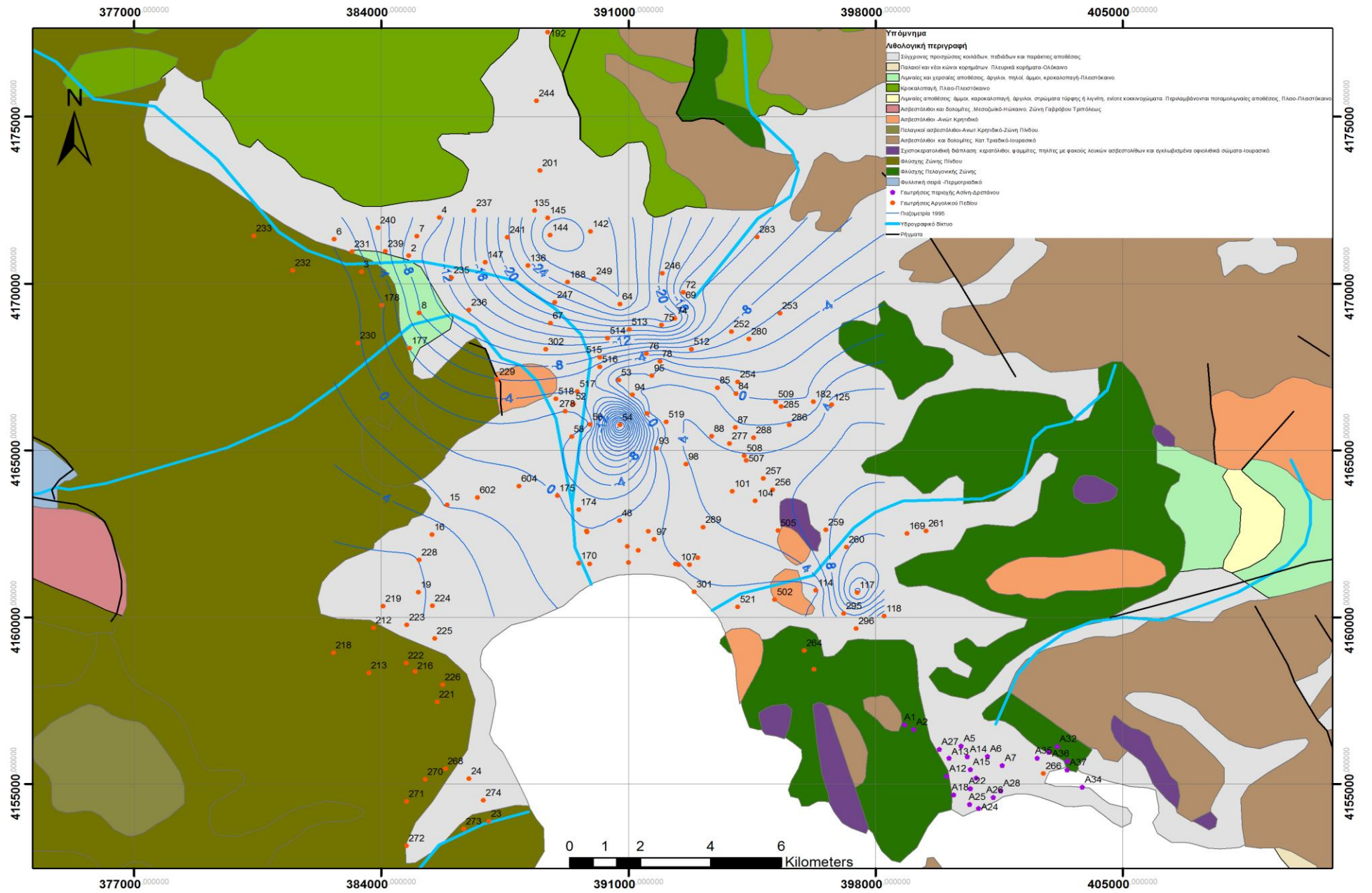
Η μέθοδος Kriging αποτελεί την πλέον σύγχρονη και ακριβή τεχνική παρεμβολής, που επιπλέον παρέχει και τη δυνατότητα περαιτέρω εμβάθυνσης στη δομή της χωρικής μεταβολής της μελετώμενης μεταβλητής. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της είναι ότι έχει την ιδιότητα της ανισοτροπίας. Στη γενική της μορφή η μέθοδος αυτή αποτελεί μια τεχνική που στηρίζεται στη θεωρία των περιοχοποιημένων μεταβλητών που αναπτύχθηκε στα πλαίσια μιας ευρύτερης επιστημονικής περιοχής, της Γεωστατιστικής (Π. Λατινόπουλος, Τεχνική Υδρολογία 1995).

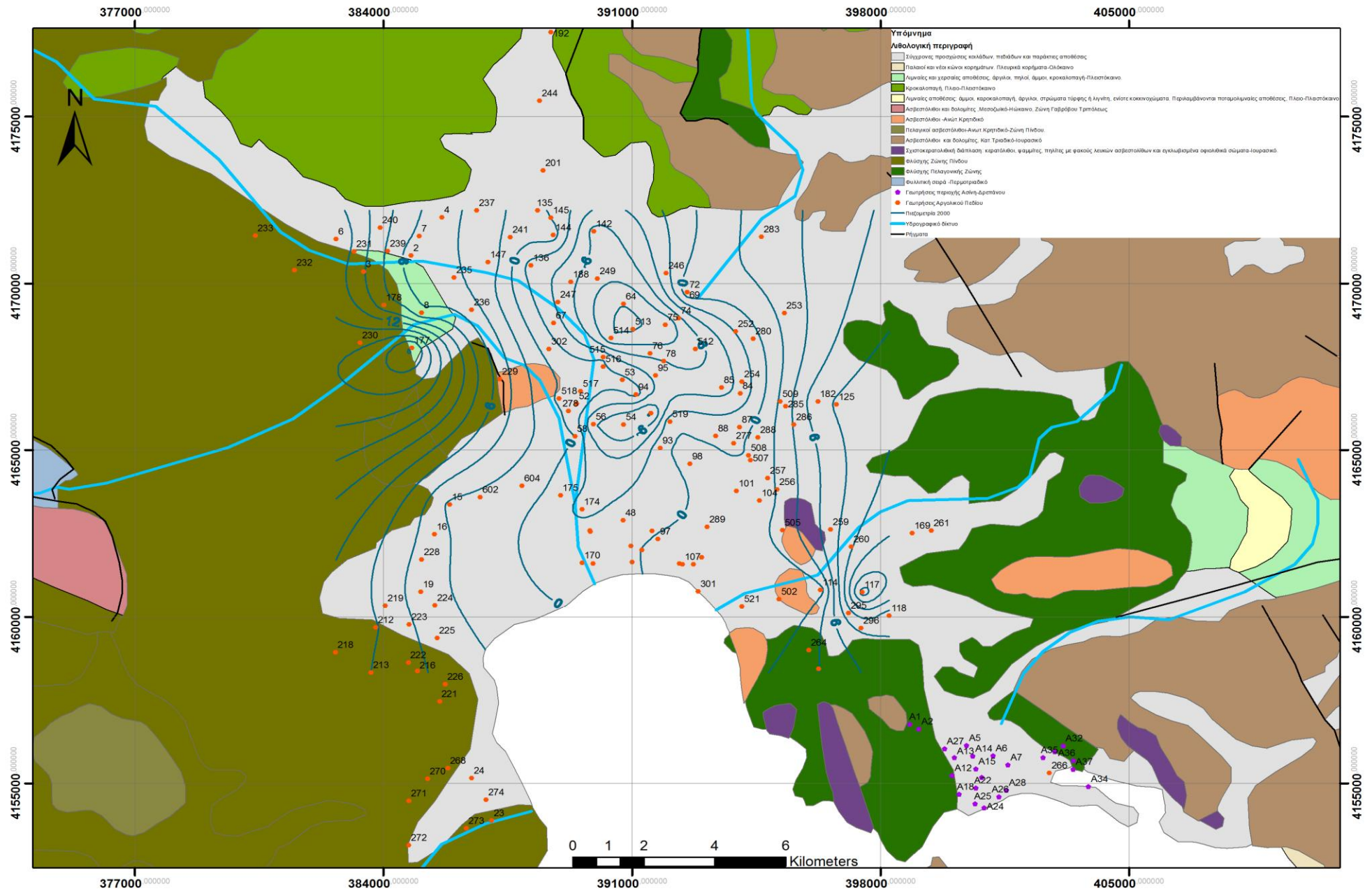


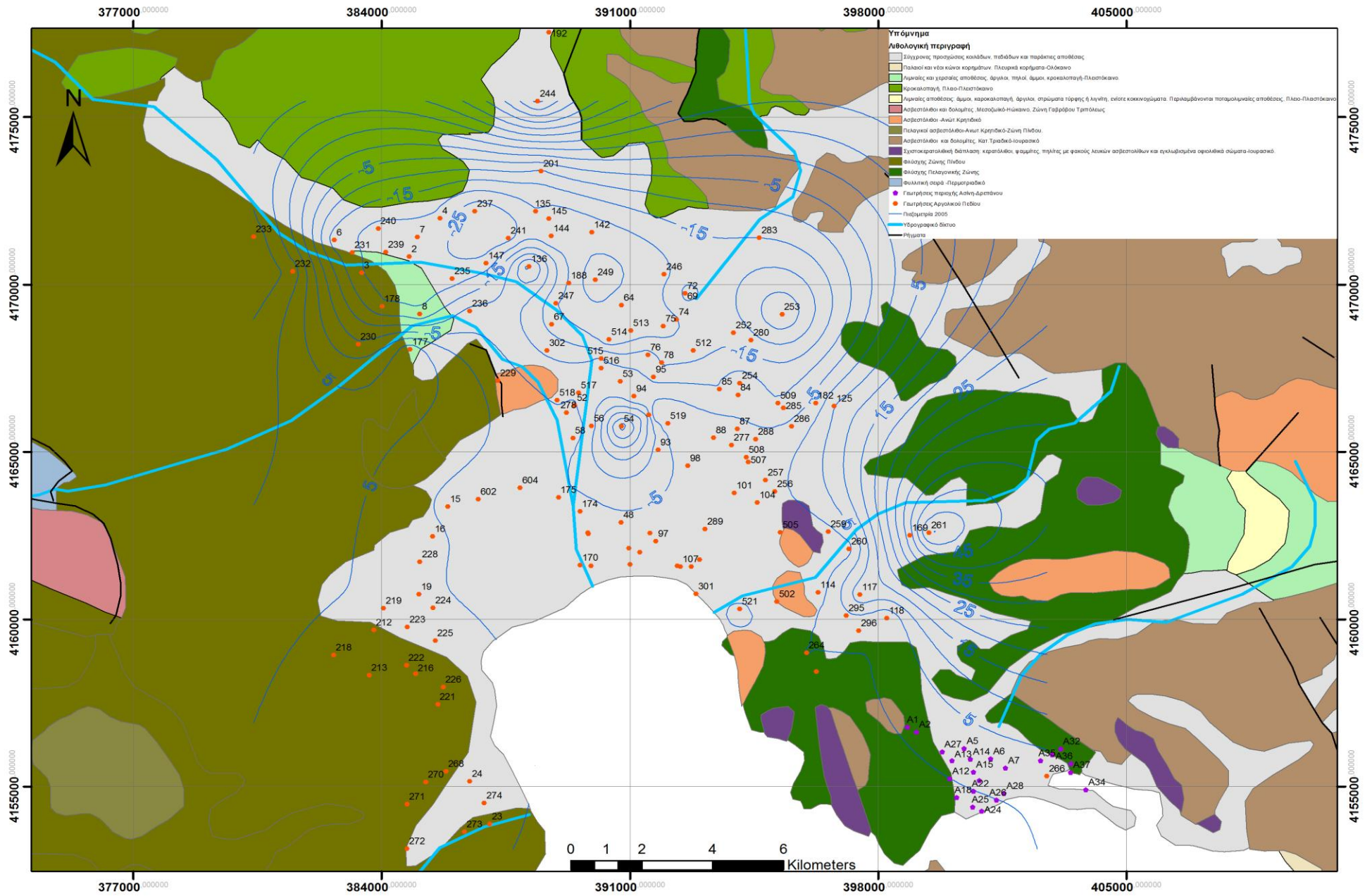
Σχήμα 4.14 : Πιεζομετρικός χάρτης Σεπτεμβρίου 1986



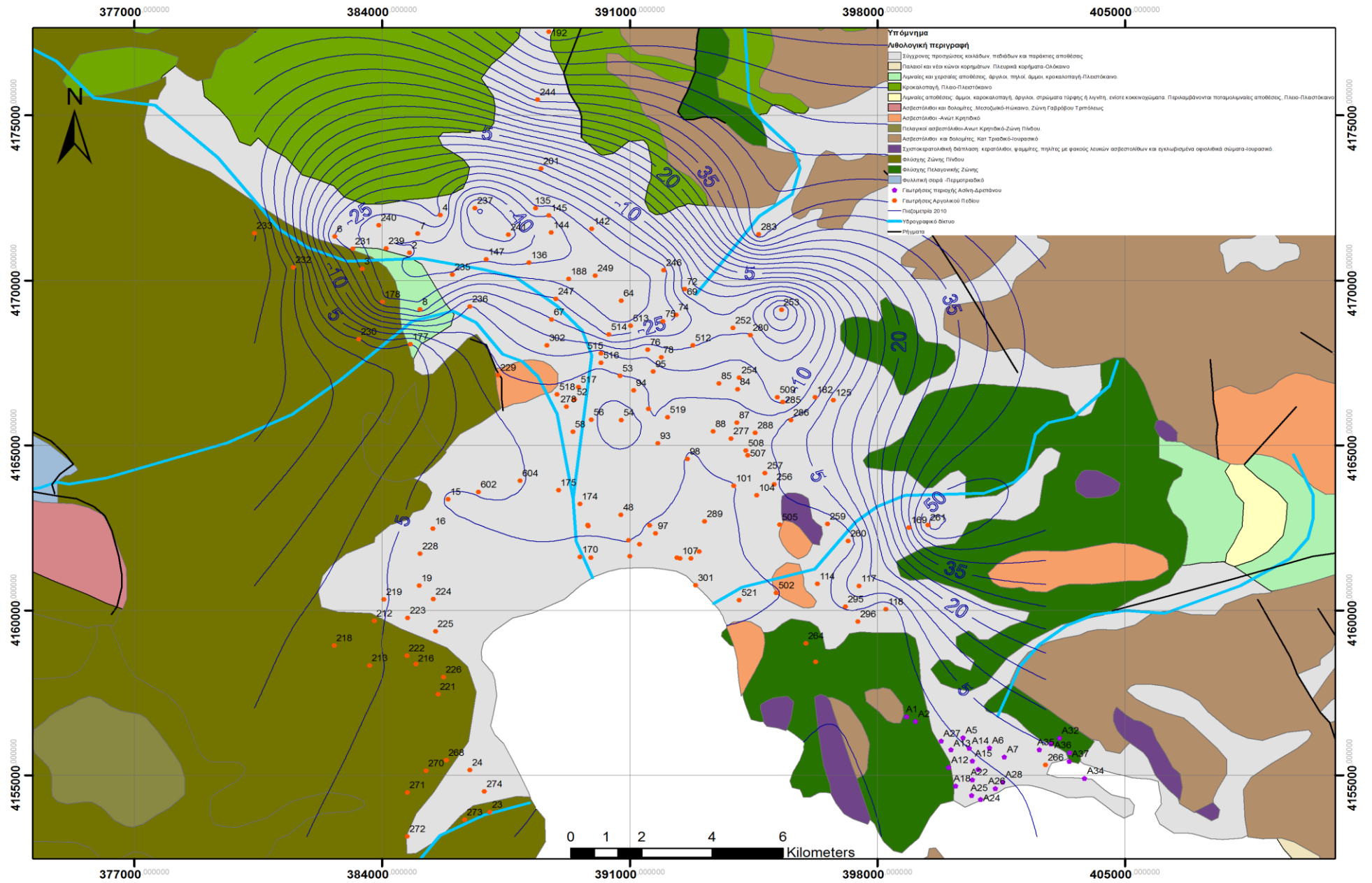
Σχήμα 4.15: Πιεζομετρικός χάρτης Σεπτεμβρίου 1990



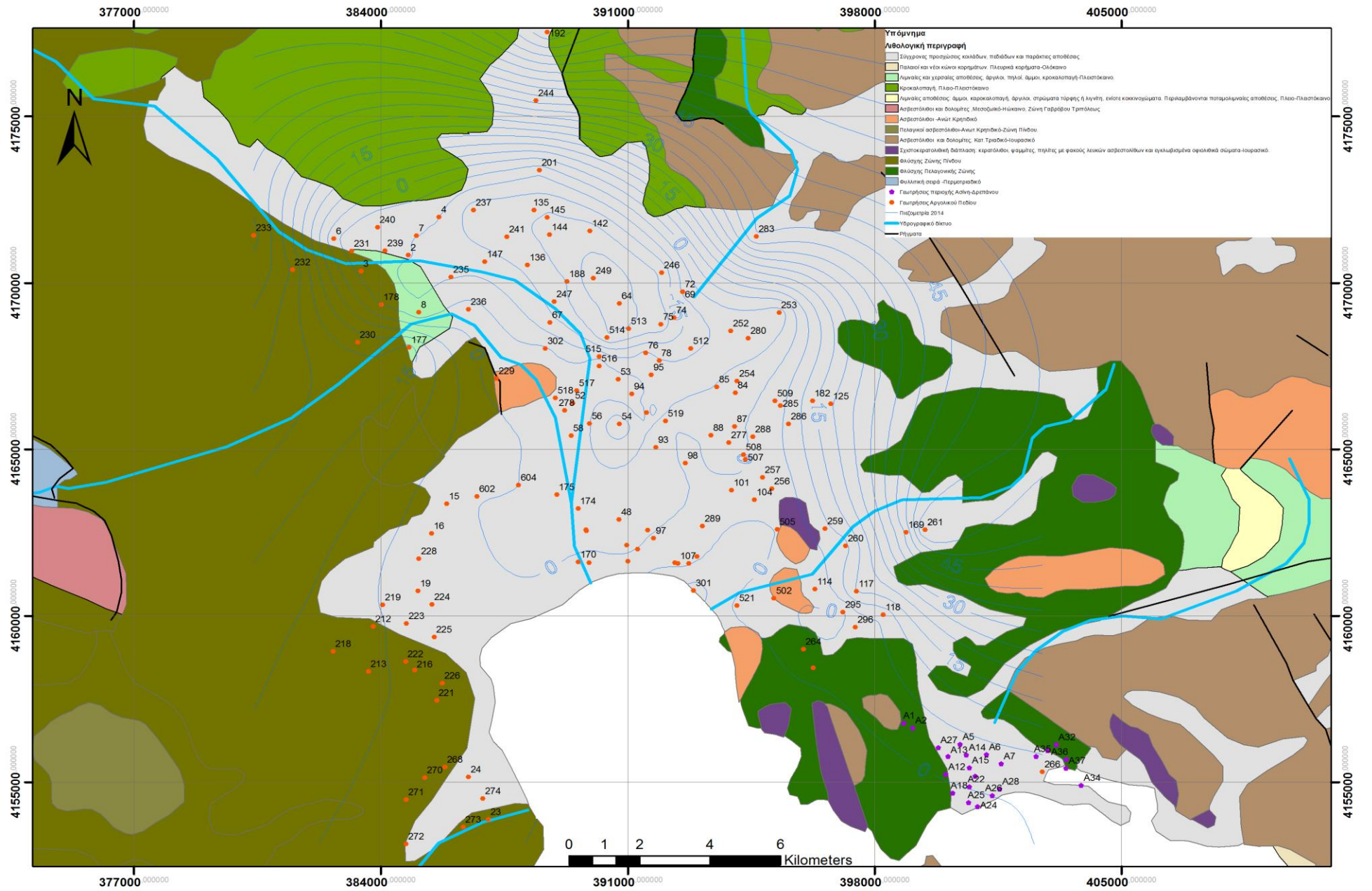




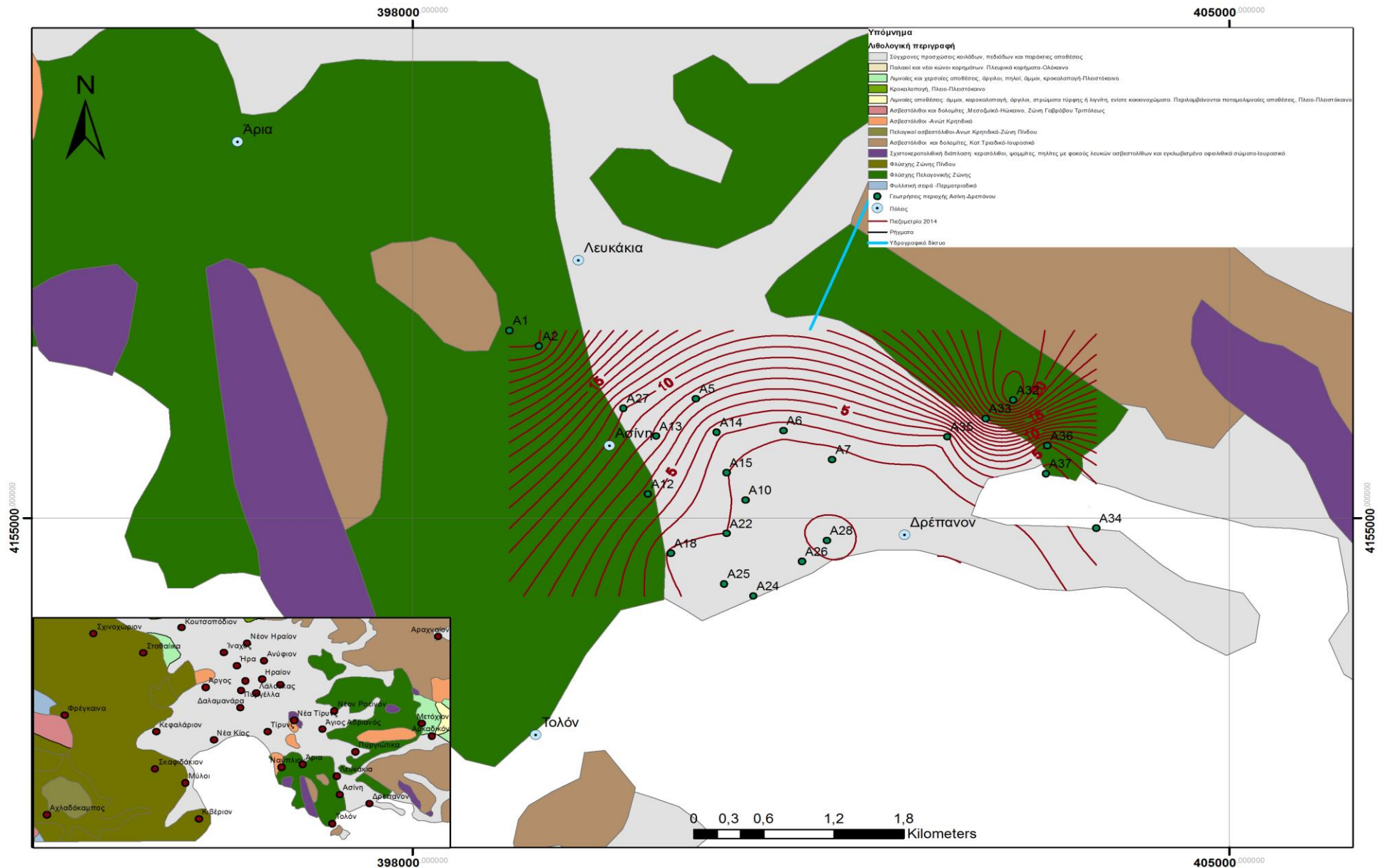
Σχήμα 4.18: Πιεζομετρικός χάρτης Νοεμβρίου 2005



Σχήμα 4.19: Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 2010



Σχήμα 4.20: Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 2014



Σχήμα 4.21: Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 2014 (Ασίνη – Δρέπανο)

Από την μελέτη των πιεζομετρικών χαρτών προκύπτουν τα εξής:

Οι πιεζομετρικές συνθήκες της παράκτιας περιοχής του Αργολικού πεδίου αποτελούν μια δυναμική παράμετρο καθώς το υδραυλικό φορτίο του υδροφορέα αλλάζει τόσο εποχιακά όσο και διαχρονικά. Οι διαβαθμίσεις της πιεζομετρίας εξαρτώνται από τον όγκο του νερού που τροφοδοτεί τον υδροφορέα και από τα επίπεδα εκμετάλλευσης (άντλησης) του. Στη συγκεκριμένη περιοχή, η πιεζομετρία του αλλουβιακού υδροφορέα επηρεάζεται έντονα από τις συνεχόμενες και μη ελεγχόμενες αντλήσεις, με αποτέλεσμα την αναπόφευκτη πτώση της στάθμης.

Από το 1986 έως σήμερα μπορούμε να παρακολουθήσουμε την διακύμανση του υδραυλικού φορτίου των γεωτρήσεων και να καθορίσουμε τις βασικές περιοχές τροφοδοσίας. Από τις πιεζομετρικές αυτές καμπύλες φαίνεται καθαρά ότι μεγάλα τμήματα των υδροφόρων σχηματισμών του Αργολικού πεδίου βρίσκονται συνεχώς υπό καθεστώς αρνητικών πιεζομετρικών φορτίων, γεγονός που ευνοεί τη εισροή της θάλασσας.

Μπορούμε να διακρίνουμε αρκετές περιοχές με αρνητικό πιεζομετρικό φορτίο και τον σχηματισμό κώνων ταπείνωσης γύρω από γεωτρήσεις. Κύρια αιτία αυτής της κατάστασης είναι η ανεξέλεγκτη άντληση νερού από τις γεωτρήσεις για την κάλυψη των αναγκών των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Οι πιεζομετρικές καμπύλες, ιδιαίτερα των ετών 2010 και 2014 επιβεβαιώνουν πολύ καθαρά τις βασικές περιοχές τροφοδοσίας των υδροφόρων σχηματισμών. Τις περιοχές αυτές αποτελούν οι δυτικές ζώνες που γειτνιάζουν με καρστικούς σχηματισμούς καθώς και τμήματα κατά μήκος των χειμάρρων που εισρέουν στην πεδιάδα. Σημαντική επίσης τροφοδοσία λαμβάνει χώρα στα ανατολικά κράσπεδα της πεδιάδας στις περιοχές όπου εισρέουν οι διάφοροι χείμαρροι, οι οποίοι διηθούνται σχεδόν αποκλειστικά στις αδρομερείς αποθέσεις των παρυφών της πεδιάδας.

Αναλυτικότερα χωροχρονικά έχουμε τα εξής:

- Από το 1986 ένα ποσοστό της τάξης του 50% της συνολικής έκτασης, βρίσκεται υπό καθεστώς αρνητικού ισοζυγίου υπόγειων νερών και έχουν διαμορφωθεί αρνητικά πιεζομετρικά φορτία έως το -30m (γεωτρ. 84) και το -40m (γεωτρ. 54).
- Η χειρότερη διαχρονικά, πιεζομετρική εικόνα διαπιστώνεται το Σεπτέμβριο 1990, όπου ολόκληρο το πεδινό τμήμα και μαζί η περιφερειακή του ζώνη έχει αρνητικά πιεζομετρικά φορτία, που φθάνουν κατά θέσεις τα -40m (γεωτρ. 201) ή και μεγαλύτερα (γεωτρ. 54 και 84). Δυο – τρεις μόνο θέσεις στις νοτιοδυτικές

παρυφές και μία στις νοτιοανατολικές παρουσιάζουν θετικά πιεζομετρικά φορτία.

- Το 1995 είναι λίγο βελτιωμένη η πιεζομετρική εικόνα, όμως ολόκληρος ο βόρειος τομέας έχει αρνητικές στάθμες, έως και -28m (γεωτρ. 144), καθώς και ο κεντρικός τομέας (γεωτρ. 54 Πυργέλας).
- Το 2000 η έκταση της περιοχής με αρνητικά υδραυλικά φορτία έχει σημαντικά μειωθεί σε σύγκριση με το 1990 και το 1995, ακόμη και το 1986. Περιορίζεται στον κεντρικό τομέα, με διεύθυνση Β – Ν σε όλο τον Αργολικό κάμπο. Από την δυτική και ανατολική πλευρά του Αργολικού πεδίου τα υδραυλικά φορτία είναι θετικά, έως και πάνω από το +10m στις παρυφές. Υπήρξε η καλύτερη συγκριτικώς χρονιά!
- Το 2005 διαπιστώνεται ότι η κατάσταση έχει χειροτερέψει. Ξαναβρισκόμαστε στην κατάσταση του 1990, δηλαδή χειρότερα και από αυτήν του 1986.
- Τον Οκτώβριο του 2010 διαπιστώνεται ελαφρά βελτίωση σε σχέση με το 2005. Έχει επανέλθει η πιεζομετρική εικόνα κοντά σε αυτή που ήταν το 1986, με κάποιες περιοχές να είναι χειρότερες, όπως στα Β – Δ και Νοτιοανατολικά. Επισημαίνεται ότι το χειμώνα του 2009, εφαρμόστηκε τεχνητός εμπλουτισμός με $7.3 * 10^6 \text{ m}^3$ προερχόμενα από τις πηγές Κεφαλαρίου.
- Τον Οκτώβριο του 2014 η πιεζομετρική εικόνα έχει βελτιωθεί σε σύγκριση με το 2010, το 2005, το 1995 και προσομοιάζει με αυτήν του 1986. Δεν έχει φθάσει πάντως την πιεζομετρική εικόνα του Σεπτεμβρίου 2000 που υπήρξε η καλύτερη.
- Με τις μετρήσεις του Οκτωβρίου του 2014 διαπιστώνουμε ότι οι αρνητικές τιμές των υδραυλικών φορτίων εξακολουθούν να καταλαμβάνουν ακόμη μεγάλη έκταση, με τις χαμηλότερες να εντοπίζονται στις ίδιες με αυτές του 2010 (γεωτρ. 249 και 64 Ινάχου με -28.4m και -25m αντίστοιχα και γεωτρ. 54 Πυργέλα και 90Γ Κουρτάκι με -15m και -17m αντίστοιχα, Μοναστηράκι – Κουτσοπόδι (γεωτρ. 142, 144, 145 με -21m έως -23m), Ήρα με -25m(γεωτρ. 513, 514)). Διαπιστώθηκαν όμως και σημαντικά θετικά πιεζομετρικά φορτία στις περιοχές:
 - Άγ. Ανδριανός με +61m (γεωτρ. 261) και +40.7m (γεωτρ. 169)
 - Μυκήνες με 41.8m έως 84,3m (γεωτρ. 192)
 - Άγ. Τριάδα με +20m (γεωτρ. 125)
 - Κλεισούρα με +40m (γεωτρ. 283)

Όσον αφορά τον πιεζομετρικό χάρτη της Ασίνης – Δρεπάνου μπορούμε να διακρίνουμε ότι απουσιάζουν αρνητικά υδραυλικά φορτία που ίσως οφείλεται στο δίκτυο του Αναβάλου, το οποίο άρχισε να λειτουργεί από το 2000 περίπου μεταφέροντας νερό που καλύπτει τις ανάγκες της περιοχής σε αρδεύσεις όσο φυσικά και από την εφαρμογή το 2009 τεχνητού εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα από το νερό του Κεφαλαρίου και της Λέρνης.

Ο παρακάτω πίνακας 4.4 παρουσιάζει υδραυλικά φορτία συγκρίνοντας μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί από το τεχνικό τμήμα Υδρο – Οικονομίας Ναυπλίου την περίοδο Οκτωβρίου 2010 (μας παραχωρήθηκαν αποκλειστικά και μόνο για τη σύνταξη της παρούσης μεταπτυχιακής διατριβής) και τις δικές μας μετρήσεις την περίοδο Οκτωβρίου 2014.

| ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ | | 12/10/2010 | 20/10/2014 | |
|------------------|---------|------------|------------|---------|
| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΠΕΡΙΟΧΗ | ΑΥΣ (m) | ΑΥΣ (m) | Διαφορά |
| A1 | ΑΣΙΝΗ | 23,38 | 24,78 | 1,40 |
| A2 | ΑΣΙΝΗ | 24,29 | 23,99 | -0,30 |
| A5 | ΑΣΙΝΗ | 2,40 | 7,20 | 4,80 |
| A6 | ΑΣΙΝΗ | 1,32 | 2,32 | 1,00 |
| A7 | ΑΣΙΝΗ | 1,30 | 1,34 | 0,04 |
| A10 | ΑΣΙΝΗ | 0,54 | 1,84 | 1,30 |
| A12 | ΑΣΙΝΗ | 2,89 | 5,59 | 2,70 |
| A13 | ΑΣΙΝΗ | 2,90 | 7,80 | 4,90 |
| A14 | ΑΣΙΝΗ | 0,22 | 3,22 | 3,00 |
| A15 | ΑΣΙΝΗ | 0,24 | 2,04 | 1,80 |
| A18 | ΑΣΙΝΗ | 0,75 | 1,75 | 1,00 |
| A22 | ΑΣΙΝΗ | 0,61 | 2,01 | 1,40 |
| A24 | ΑΣΙΝΗ | 1,60 | 2,00 | 0,40 |
| A25 | ΑΣΙΝΗ | 0,68 | 1,58 | 0,90 |
| A26 | ΑΣΙΝΗ | 1,07 | 1,13 | 0,06 |

Πίνακας 4.4: Συγκριτικός πίνακας υδραυλικών φορτίων (2010 & 2014)

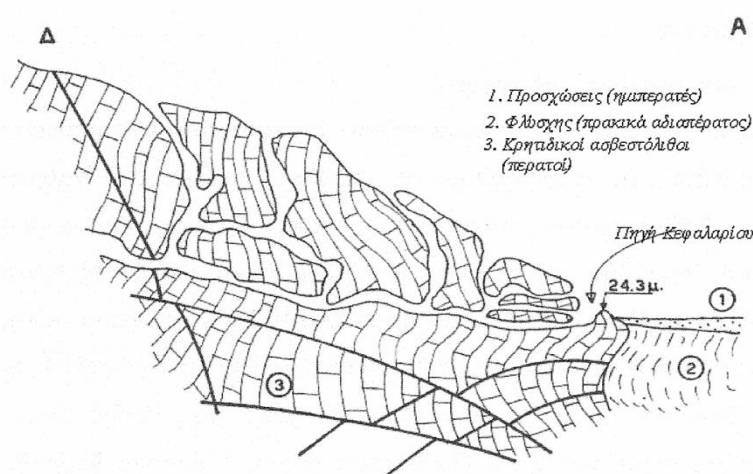
Διαπιστώνεται ότι σε όλες τις γεωτρήσεις εκτός από μία (γεωτρ. A2 όπου παρατηρείται πτώση της στάθμης -0,30m) έχουμε ανύψωση στάθμης που κυμαίνεται από 0,04m (γεωτρ. A7) έως 4,90m (γεωτρ. A13). Επομένως μπορούμε να διακρίνουμε μια σταδιακή ανύψωση της στάθμης τα τελευταία χρόνια που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην εφαρμογή το 2009 τεχνητού εμπλουτισμού όπως αναφέραμε και πιο πάνω αλλά και στο δίκτυο του Αναβάλου.

5. ΠΗΓΑΙΑ ΥΔΑΤΑ

5.1 Γενικά χαρακτηριστικά των πηγών

Στις δυτικές παρυφές του Αργολικού πεδίου αναπτύσσεται ένα μέτωπο πηγών που αποτελείται από τις πηγές του Κεφαλαρίου, της Λέρνης, της Κρόης ή Αμυμώνης και τις πηγές του Κιβερίου. Επίσης στην ευρύτερη περιοχή αναπτύσσονται και μια πληθώρα από μικρότερης ή τοπικής σημασίας πηγές όπως η Δούκα βρύση, οι πηγές Κεφαλόβρυσου, Αχλαδόκαμπου, οι πηγές Ίναχου Νεοχωρίου και οι πηγές Γκούρα Καπαρελίου. Οι πηγές όμως που αποτελούν βασικές συνιστώσες του υδατικού δυναμικού του Αργολικού Πεδίου από πλευράς παροχής, ποιότητας και θέσης είναι αυτές που αναπτύσσονται στις δυτικές παρυφές του (Κεφαλάρι, Λέρνη, Κρόη και Κιβέρι). Τα βασικά χαρακτηριστικά των κυριότερων πηγών είναι τα ακόλουθα (Γιαννουλόπουλος 2000) :

Η **πηγή του Κεφαλαρίου** (Σχήμα 5.2) είναι μια καρστική πηγή υπερχείλισης που αναβλύζει σε υψόμετρο +24,3m μέσα από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας Ωλονού-Πίνδου (Σχήμα 5.1). Ο αδιαπέρατος σχηματισμός στη θέση αυτή που δικαιολογεί την παρουσία της πηγής είναι ο φλύσχης της ομώνυμης ενότητας. Οι παροχές της παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις που σχετίζονται άμεσα με τις βροχοπτώσεις στην περιοχή τροφοδοσίας της δηλαδή στο Αρκαδικό οροπέδιο και κυρίως στην περιοχή Στυμφαλίας - Σκοτεινής - Αλέας. Από την επεξεργασία των υδρογραφημάτων των παροχών της πηγής προέκυψε ότι οι συνολικές ετήσιες παροχές της, για τα έτη που υπήρχαν επαρκή δεδομένα, κυμαίνονται από $25 \times 10^6 \text{m}^3$ - $140 \times 10^6 \text{m}^3$ ενώ η **μέση παροχή** της ανέρχεται σε **2,42m³/sec** (Γιαννουλόπουλος 2000).



Σχήμα 5.1: Γεωλογικό σκαρίφημα της πηγής Κεφαλαρίου (Δούνας κ.α 1978)



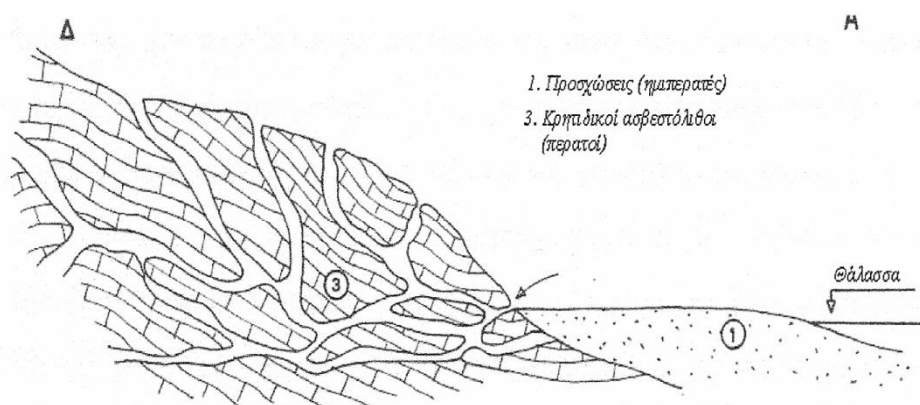
Σχήμα 5.2: Φωτογραφία πηγής Κεφαλαρίου

Οι υψηλές παροχές της πηγής του Κεφαλαρίου σε συνδυασμό με την άριστη ποιότητα των νερών της, τη θέση της και τα ιδιαίτερα δομικά γεωλογικά χαρακτηριστικά της, κίνησαν το ενδιαφέρον διαφόρων επιστημόνων και φορέων για πιθανή αναρρύθμισή της πηγής, δηλαδή την απόληψη των υδατικών αποθεμάτων που μένουν αποθηκευμένα στο καρστικό σύστημα ανάντη της πηγής (μόνιμα αποθέματα) κατά τη διάρκεια υψηλών απαιτήσεων νερού το καλοκαίρι για άρδευση με συνέπεια μια σχετική καθυστέρηση έναρξης ανάβλυσης της πηγής το Φθινόπωρο. Η προσπάθεια αυτή βασίστηκε στην υπόθεση ότι ανάντη των πηγών αναπτύσσεται ένας σημαντικός αποθηκευτικός χώρος νερού.

Οι πρώτες γνωστές ερευνητικές προσπάθειες άρχισαν το 1965 με εκτέλεση 3 γεωτρήσεων μεγάλης διαμέτρου (80cm) στους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους ανάντη της πηγής. Η ερευνητική αυτή προσπάθεια έδειξε ότι ο ασβεστόλιθοι αυτοί έχουν περιορισμένη αποθηκευτικότητα (ΥΠ.ΓΕ, 1967).

Το σενάριο αναρρύθμισης της πηγής του Κεφαλαρίου επανεξετάστηκε σε έρευνα που διεξήγαγε το ΙΓΜΕ (Δούνας και Ελευθερίου, 1978). Η μελέτη αυτή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αποθηκευτική ικανότητα της ασβεστολιθικής μάζας που αναπτύσσεται ανάντη του σημείου ανάβλυσης της πηγής του Κεφαλαρίου είναι περιορισμένη και η μέγιστη απολήπιμη ποσότητα νερού είναι μικρότερη των $3 \times 10^6 \text{m}^3$. Συνεπώς τα στοιχεία αυτά οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι δεν υφίσταται δυνατότητα αναρρύθμισης της πηγής Κεφαλαρίου.

Η **πηγή της Λέρνης** (Σχήμα 5.4) πηγάζει σε απόλυτο υψόμετρο +0,6 m από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου. Στο όριο μεταξύ των καρστικών αυτών ασβεστόλιθων και των σύγχρονων Τεταρτογενών αποθέσεων και χαρακτηρίζεται ως πηγή υπερχείλισης (Σχήμα 5.3). Βρίσκεται στον οικισμό Μύλοι κοντά στην εκκλησία Αγ. Δημήτριος. Οι παροχές της σε ετήσια βάση είναι ανάλογες με αυτές του Κεφαλαρίου αλλά παρουσιάζουν σαφώς μικρότερες διακυμάνσεις. Από την επεξεργασία των υδρογραφημάτων προέκυψε ότι οι συνολικές ετήσιες παροχές της κυμαίνονται από $37 \times 10^6 \text{m}^3$ - $63,5 \times 10^6 \text{m}^3$ ενώ η **μέση παροχή** της ανέρχεται σε **1,58 m³/sec** (Γιαννουλόπουλος 2000).



Σχήμα 5.3: Γεωλογικό σκαρίφημα της πηγής Λέρνης και Κρόης (Δούνας κ.α 1978)



Σχήμα 5.4: Φωτογραφία πηγής Λέρνας

Η **πηγή της Κρόης ή Αμυμώνης** πηγάζει και αυτή από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου στο όριο μεταξύ των Κρητιδικών ασβεστόλιθων και των σύγχρονων Τεταρτογενών αποθέσεων λίγο βορειότερα της Λέρνης στον οικισμό Μύλοι. Χαρακτηρίζεται και αυτή καρστική πηγή υπερχείλισης (Σχήμα 5.3). Από την στατιστική επεξεργασία των υδρογραφημάτων της προέκυψε ότι οι συνολικές ετήσιες παροχές της, κυμαίνονται από $3.8 \times 10^6 \text{m}^3$ - $11.3 \times 10^6 \text{m}^3$ ενώ η **μέση παροχή** της ανέρχεται στα **0,22**

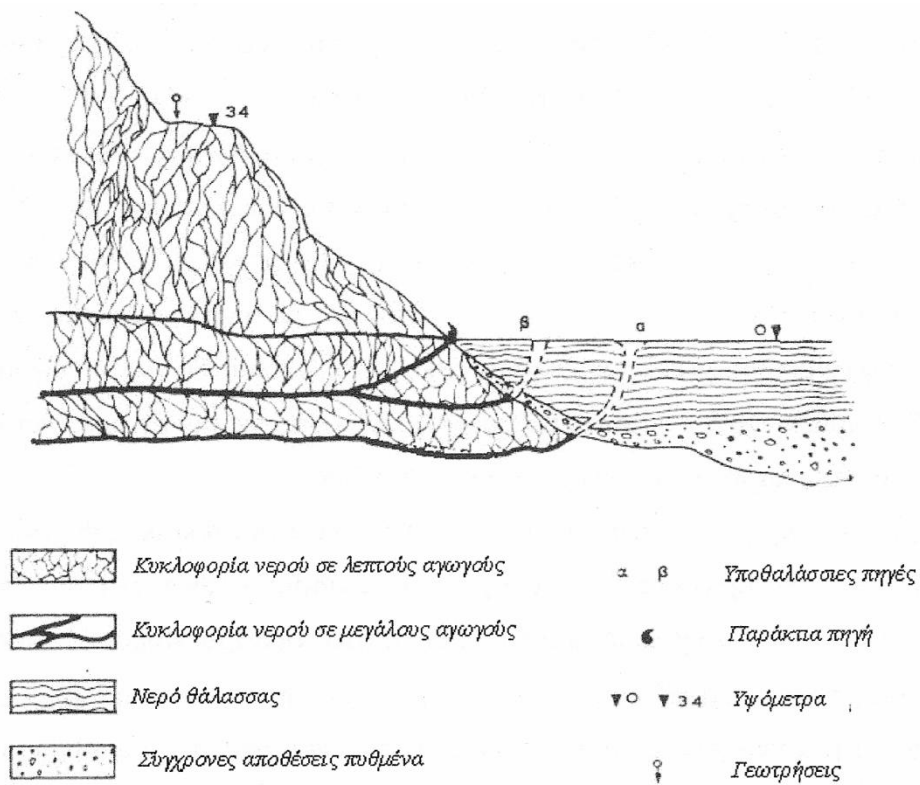
m^3/sec παρουσιάζοντας μικρές διακυμάνσεις (Γιαννουλόπουλος 2000).



Σχήμα 5.5 : Φωτογραφία πηγής Κρόης ή Αμυμώνης

Η κατασκευή του Σχήματος 5.5 είναι η δεξαμενή ανάμειξης νερού που κατασκευάστηκε στις πηγές της Αμυμώνης. Η δεξαμενή, απαραίτητος όρος στην αδειοδότηση από την περιφέρεια Πελοποννήσου για την χρήση του νερού του Αναβάλου σε περίπτωση που το νερό των πηγών της Λέρνας δεν επαρκεί για πόσιμο νερό. Δηλαδή είναι η δεξαμενή που θα αναμιγνύεται σε συγκεκριμένες ποσότητες νερό της Λέρνας και της Αμυμώνης με νερό του Αναβάλου ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την πόλη στο δίκτυο του πόσιμου νερού.

Οι **πηγές Κιβερίου** αποτελούν μια ομάδα καρστικών πηγών που αναβλύζουν σε απόλυτο υψόμετρο μεταξύ 0,25 και -7,5m και χαρακτηρίζονται στο σύνολό τους ως παράκτιες - υποθαλάσσιες πηγές. Πηγάζουν από καρστικούς Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου. Μέχρι το 1970 οι πηγές αυτές έρεαν ελεύθερα στη θάλασσα (Σχήμα 5.6) ενώ από το 1970 και μετά ρέουν μέσα σε ημικυκλικό φράγμα (Σχήμα 5.7). Η κατασκευή του φράγματος αυτού αποσκοπούσε στην προστασία των πηγαίων νερών από την απευθείας ανάμειξή τους με το θαλασσινό νερό, στην ευκολότερη υδρομάστευσή τους και σε πιθανή βελτίωση της ποιότητάς τους με τη διατήρηση μιας σχετικά ανυψωμένης στάθμης μέσα στο χώρο του φράγματος. Μετρήσεις παροχών στην πηγή αυτή είναι δύσκολο να γίνουν και τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία είναι της περιόδου 1970-71 όπου οι μηχανισμοί του φράγματος (θυρίδες) ήταν λειτουργικά σε καλύτερη κατάσταση και επέτρεπαν τη διεξαγωγή τέτοιων μετρήσεων. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι για την περίοδο εκείνη η **μέση παροχή** των πηγών αυτών ήταν **13,58 m^3/sec** . (Γιαννουλόπουλος 2000).



Σχήμα 5.6: Γεωλογικό σκαρίφημα των πηγών Κιβερίου (Δούνας κ.α 1978)



Σχήμα 5.7: Φωτογραφία φράγματος Αναβάλου (Κιβέρι)

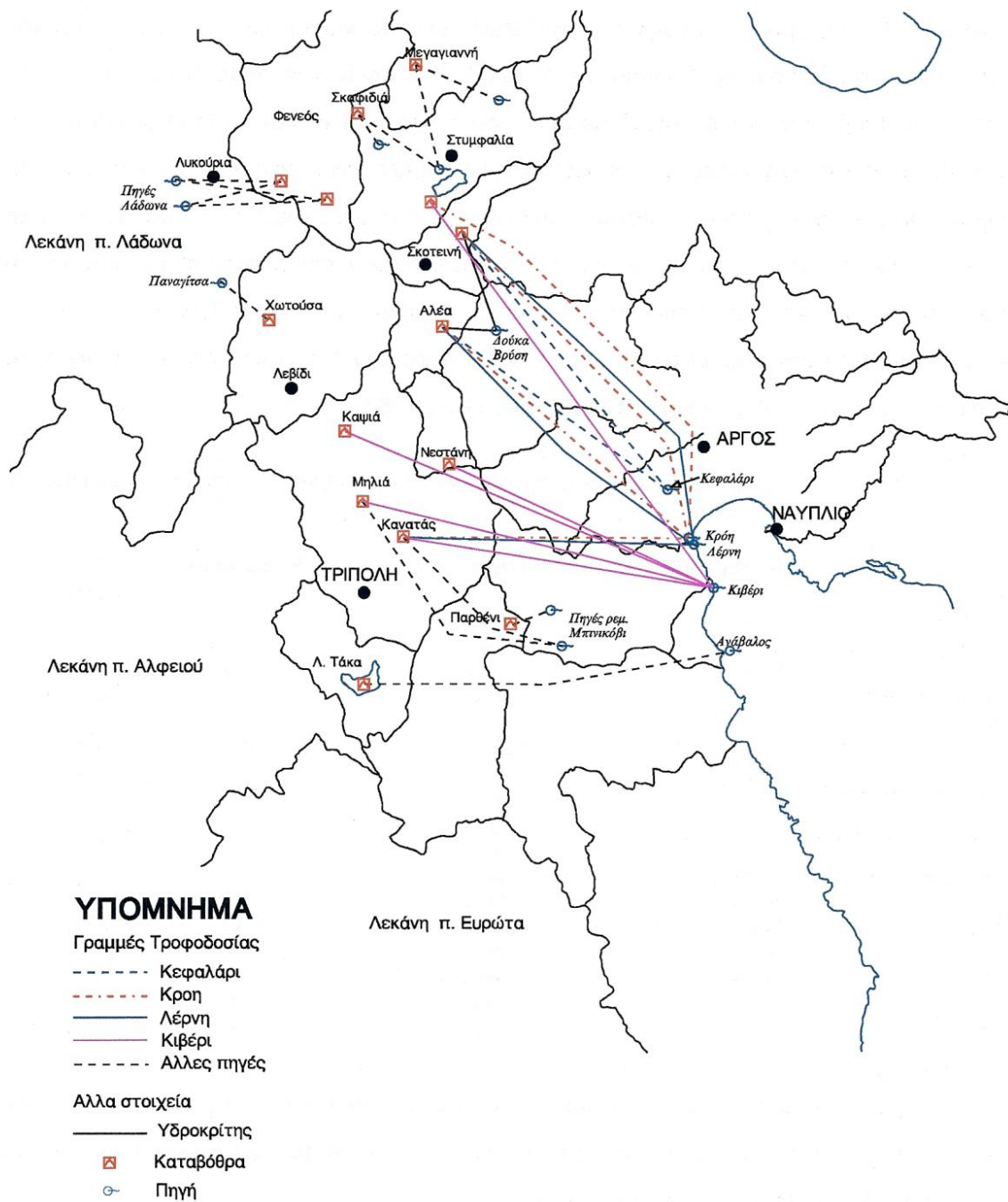
5.2 Μηχανισμοί τροφοδοσίας των πηγών

Για τον εντοπισμό των περιοχών τροφοδοσίας των πηγών του Αργολικού πεδίου έχει πραγματοποιηθεί μεγάλος αριθμός πειραμάτων ιχνηθέτησης από το 1962 έως το 1984, τα οποία περιγράφονται στη διδακτορική διατριβή του Π. Γιαννουλοπούλου (2000). Στο Σχήμα 5.8 παρουσιάζονται οι διάφορες υδραυλικές επικοινωνίες των πηγών του Αργολικού πεδίου με τις καταβόθρες και γενικότερα τις πόλγες που αναπτύσσονται στους Νομούς Αρκαδίας και Κορινθίας.

Προκύπτει ότι αναπτύσσονται τρεις κύριες καρστικές ζώνες:

- Το σύστημα Φενέος – Χωματούσα, το οποίο εκφορτίζεται δυτικά στις πηγές που βρίσκονται στην λεκάνη απορροής του Λάδωνα.
- Το καρστικό σύστημα νότια της Τρίπολης το οποίο αντιπροσωπεύεται από την περιοχή της Λίμνης Τάκας και εκφορτίζεται νότια της πηγής Κιβερίου στην πηγή του Ανάβαλου
- Το κύριο καρστικό σύστημα που τροφοδοτεί τις πηγές του Αργολικού Πεδίου από το Κεφαλάρι μέχρι το Κιβέρι (Κεφαλάρι, Κρόη, Λέρνη, Κιβέρι) και περιλαμβάνει τις πόλγες της Τρίπολης, της Νεστάνης, της Αλέας, της Σκοτεινής και της Στυμφαλίας.

Ποσοτικά αποτελέσματα των ιχνηθετήσεων έδειξαν ότι τα νερά της καταβόθρας του Κανατά ΒΑ της Τρίπολης καταλήγουν κατά το 90-100% τις πηγές του Κιβερίου, κατά 1-5% στην πηγή του Ξοβριού και κατά 1-9% σε όλες τις άλλες πηγές συμπεριλαμβανομένων και αυτών της Λέρνης και Κρόης.



Σχήμα 5.8: Σχέσεις τροφοδοσίας των πηγών του Αργολικού πεδίου από τις καταβόθρες και τις πόλγες των Αρκαδικών οροπεδίων και της ορεινής Κορινθίας (Gosporadic and Leibundgut - Γιαννουλόπουλος 2000)

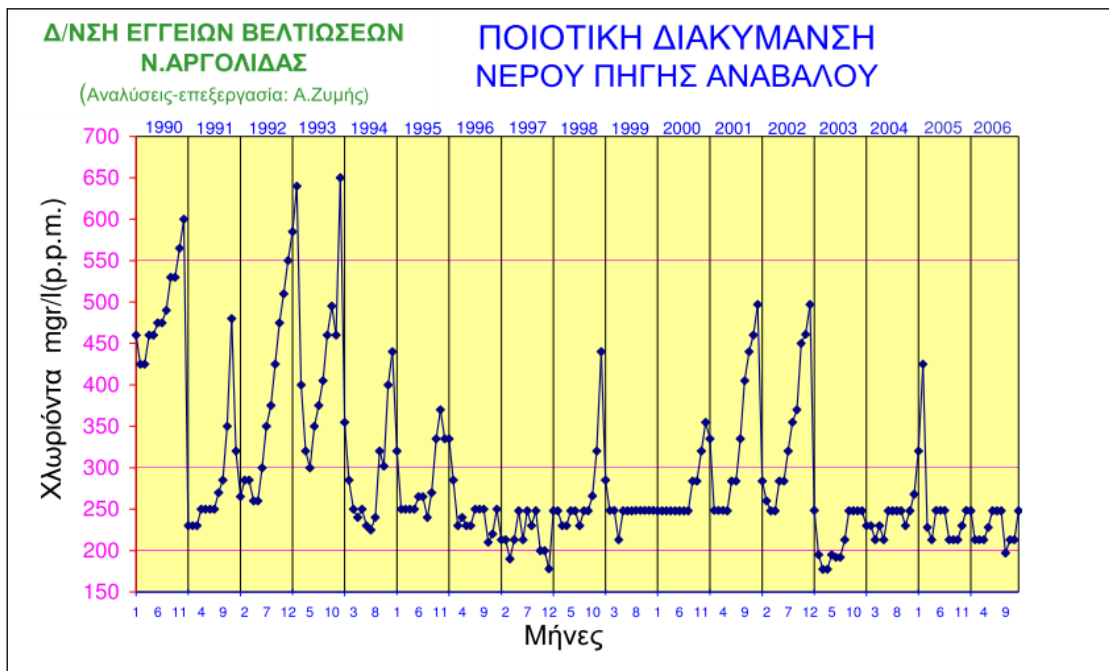
5.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των πηγών

Η ποιότητα των πηγαίων υδάτων της περιοχής στο σύνολό τους υπόκειται σε υδροχημικούς μηχανισμούς που λαμβάνουν χώρα σε καρστικά υδρογεωλογικά περιβάλλοντα, δηλαδή, είναι νερά άμεσης τροφοδοσίας, πλούσια σε HCO_3 με μικρό σχετικά χρόνο παραμονής στο καρστικό μέσο. Τα νερά όλων σχεδόν των πηγών εκτός από αυτές του Κιβερίου (Αναβάλου) πληρούν συνήθως τα όρια ποσιμότητας (Γιαννουλόπουλος, 2000).

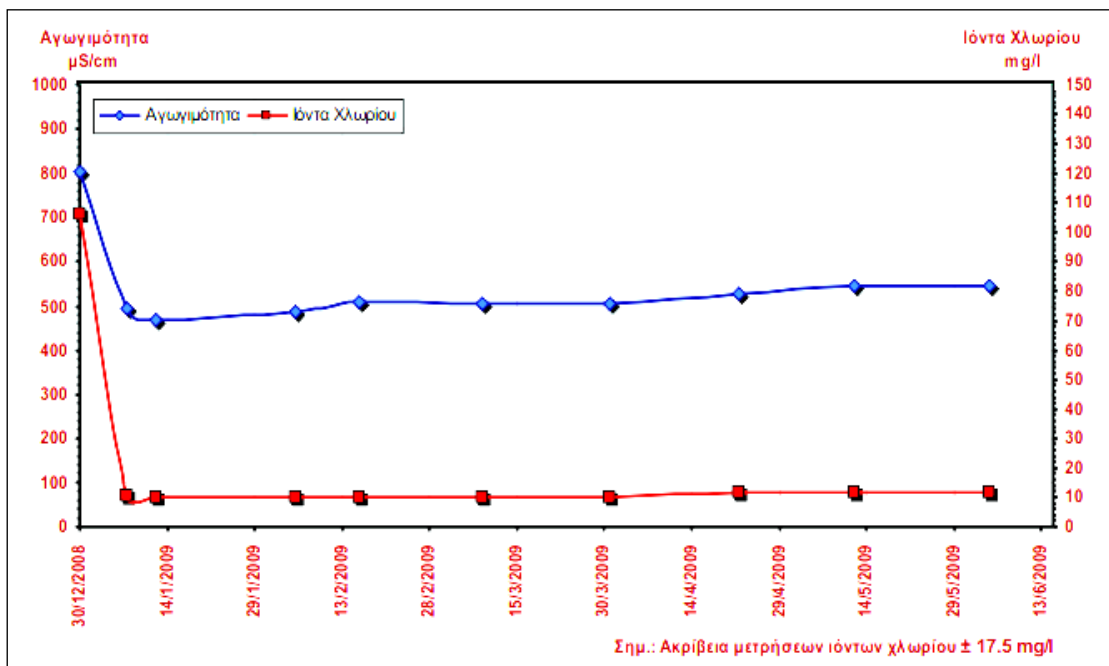
Στην περίπτωση των πηγών Κιβερίου επιβεβαιώνεται σαφώς η μίξη γλυκών υπόγειων νερών με τη θάλασσα ενώ αντίθετα οι υπόλοιπες πηγές παρουσιάζουν χαρακτηριστικά γλυκών καρστικών υδάτων. Οι προσδιορισμοί των Cl^- της πηγής Κιβερίου συγκεντρώνονται στην πλειοψηφία τους στην περίοδο 1990-2009 (ΥΕΒ, Πουλοβασίλης κ.α 1996 και Ζυμής Α. 2007) κατά την οποία η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού ήταν συστηματική (Σχήμα 5.9). Διαπιστώνεται ότι παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση μεταξύ 170 και 650mg/l (Επισήμανση: τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αφορούν νερό μέσα από το φράγμα – ταμιευτήρα σε κατάσταση ηρεμίας και όχι στην έξοδο των αντλιών).

Στα Σχήματα 5.10 & 5.11 μπορούμε να διακρίνουμε την ποιοτική και ποσοτική διακύμανση αντίστοιχα της πηγής Κεφαλαρίου από 30-12-08 έως 04-06-09. Τα διαγράμματα που ακολουθούν αναλύθηκαν και επεξεργάστηκαν από την Δ/ση Εγγείων Βελτιώσεων Ν. Αργολίδας και συγκεκριμένα από τους Ζυμής Α. και Γιαννούλα Ε., 2007 και 2006. Δεν βρέθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία ώστε να προκύψει σχεδιασμός σε μεγαλύτερη κλίμακα και επομένως να είναι πιο εμφανείς οι μεταβολές της διακύμανσης των Cl^- σε χειμώνα και καλοκαίρι.

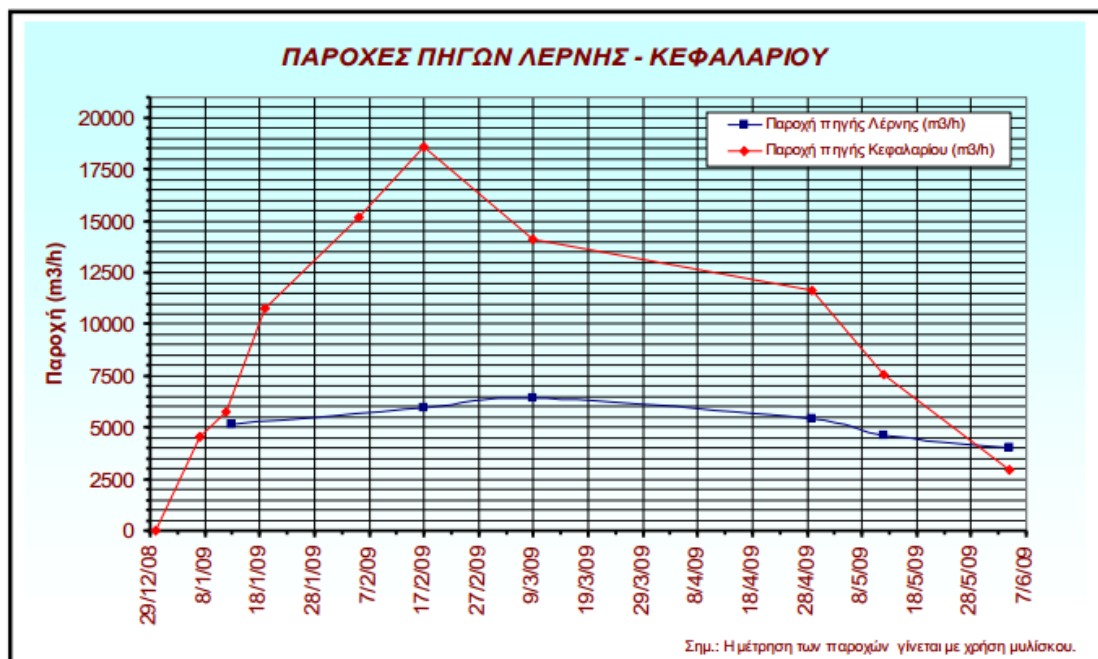
Στο τέλος παρατίθεται ένας πίνακας με τις χημικές αναλύσεις των πηγαίων υδάτων Αναβάλου και Λέρνης που προέκυψαν από δικές μας δειγματοληψίες τον Οκτώβριο του 2014 (Παρατήρηση: δεν πάρθηκε δείγμα από την πηγή Κεφαλαρίου καθώς δεν είχε νερό).



Σχήμα 5.9: Διακύμανση χλωριόντων νερού πηγής Αναβάλου (Ζυμής Α. 2007)



Σχήμα 5.10: Ποιοτική διακύμανση νερού πηγής Κεφαλαρίου (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)



Σχήμα 5.11: Διάγραμμα παροχών πηγών Λέρνης – Κεφαλαρίου(Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)

| ΠΗΓΗ | pH | E.C. (μS/cm) | Na+ | K+ | Ca++ | Cl- | HCO ₃ ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ⁻ |
|----------|------|--------------|-------|-----|------|-----|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ΛΕΡΝΗ 1 | 7,38 | 652 | 13,6 | 2,1 | 304 | 8 | 266 | 16,5 | 50,0 |
| ΛΕΡΝΗ 2 | 7,39 | 776 | 33,1 | 1,6 | 332 | 57 | 260 | 12,8 | 48,0 |
| ΑΝΑΒΑΛΟΣ | 7,5 | 1281 | 115,2 | 3,9 | 244 | 214 | 214 | 8,2 | 94,0 |

(Η διαφοροποίηση της Λέρνης 1 από την Λέρνη 2 φαίνεται παρακάτω στις φωτογραφίες, σχ.5.12 και σχ.513)

Πίνακας 5.1: Χημικές αναλύσεις πηγών Κιβεριού και Λέρνης

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις παραπάνω μετρήσεις είναι τα εξής:

- Τα νερά και των δύο πηγών είναι αλκαλικά (pH>7).
- Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων είναι αρκετά χαμηλές, πολύ κάτω από το ανώτατο επιτρεπτό όριο των 50 mg/l.
- Επίσης τα θειικά ιόντα και των δύο πηγών είναι εντός επιτρεπτών ορίων (250mg/l).
- Διαπιστώνεται επίσης ότι τα χλωριόντα της πηγής Λέρνης είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (8 και 57 αντίστοιχα). Η διαφορά των χλωριόντων στις δύο θέσεις στην πηγή Λέρνη έχει να κάνει με τη θέση δειγματοληψίας. Όπως φαίνεται και στα παρακάτω σχήματα 5.12 και 5.13, η πρώτη θέση δειγματοληψίας είναι ακριβώς στην πηγή (εκεί που βγαίνει το νερό) ενώ η δεύτερη λίγο πριν εκβάλει στον Αργολικό κόλπο. Επομένως δικαιολογείται η διαφορά τους στα χλωριόντα , όχι όμως από τη μίξη θαλασσινού νερού με το

γλυκό καθώς δεν παρατηρείται ροή της θάλασσας προς τα μέσα αλλά από την εναπόθεση αλάτων της θάλασσας σε προηγούμενες περιόδους σε εκείνο το σημείο. Όσον αφορά τα χλωριόντα της πηγής του Αναβάλου, διαπιστώνεται ότι βρίσκονται σε συγκέντρωση 214mg/l, τιμή που εμποδίζει την χρησιμοποίησή του για υδρευτικούς σκοπούς, όχι όμως για αρδευτικούς. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από το παραπάνω διάγραμμα (σχήμα 5.9) οι τιμή των χλωριόντων των δικών μας μετρήσεων κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με τις τιμές της Δ/σης Εγγείων Βελτιώσεων Ν. Αργολίδας τις χρονιές 2005 και 2006.

Τέλος, σαν **γεκικό συμπέρασμα** για τις δύο πηγές προκύπτει το εξής:

- Η πηγή Αναβάλου (Κιβερίου) είναι ακατάλληλη για υδρευτικούς σκοπούς καθώς έχει υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων, αντίθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρδευτικούς σκοπούς είτε αυτόνομη είτε με μίξη νερών από άλλες πηγές.
- Η πηγή Λέρνης παρουσιάζει εξαιρετικές χημικές μετρήσεις, που δικαιολογεί πλήρως την χρησιμοποίησή της για την υδροδότηση της πόλεως του Άργους και του Ναυπλίου.



Σχήμα 5.12: Θέση δειγματοληψίας (Λέρνη 1)



Σχήμα 5.13: Εκφόρτιση πηγής (Λέρνη 2) στην θάλασσα



Σχήμα 5.14: Αντλιοστάσιο Λέρνης (πηγή ύδρευσης πόλης Άργους και Ναυπλίου)



Σχήμα 5.15: Θέση δειγματοληψίας (φράγμα – ταμιευτήρα Αναβάλου)

6. ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ

6.1. Ορισμός - Εισαγωγή

Ας δούμε τι θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ως τεχνητό εμπλουτισμό υδροφόρων στρωμάτων. Γενικά, σε μια λεκάνη ή περιοχή, υπό φυσικές συνθήκες, χωρίς παρέμβαση του ανθρώπου, το νερό των κατακρημνισμάτων που φθάνει στα υδροφόρα στρώματα και τα τροφοδοτεί, είτε άμεσα με την κατείδυση, είτε έμμεσα με τη διήθηση από τις κοίτες του υδρογραφικού δικτύου, είναι ο φυσικός εμπλουτισμός. Το ύψος του είναι ορισμένο κάθε υδρολογικό έτος και εξαρτάται από τη γεωλογική σύσταση, από το βροχομετρικό ύψος και το βροχομετρικό σύστημα (ετήσια κατανομή της βροχής).

Ο άνθρωπος όμως έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την ποσότητα αυτή του νερού, να προκαλέσει δηλαδή «τεχνητό εμπλουτισμό». Επομένως ως τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε την αύξηση των ποσοτήτων μετεωρικού νερού που εισέρχεται στα υδροφόρα στρώματα με χρήση διαδικασιών, τεχνικών, εγκαταστάσεων - διατάξεων από τον άνθρωπο.

Στην πιο ευρεία έννοια θα λέγαμε ότι τεχνητός εμπλουτισμός είναι η εισαγωγή πρόσθετων ποσοτήτων νερού στο ή στα υδροφόρα στρώματα. Το πρόσθετο αυτό νερό μπορεί να προέρχεται από επιφανειακό νερό ή από νερό παρακείμενων υδροφόρων στρωμάτων.

Στη χώρα μας σημαντικοί υδροφορείς (κυρίως σε προσχωσιγενείς αποθέσεις των μεγάλων πεδιάδων) άρχισαν να παρουσιάζουν φαινόμενα κάμψης του υδατικού δυναμικού τους ήδη από τις δεκαετίες του 1950 και 1960. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι αυτή του Αργολικού Πεδίου (υποχώρηση στάθμης, υφαλμύρωση).

Έχει σημασία σε μια περιοχή ή μια λεκάνη να γνωρίζουμε τις κατηγορίες αποθεμάτων του υπόγειου νερού ή την «απόδοση» των υπόγειων υδροφορέων. Συναφές θέμα είναι και η διακύμανση της στάθμης των υδροφόρων που συνδέεται με τις μεταβολές των αποθεμάτων. Ο τεχνητός εμπλουτισμός είναι εκείνος ο τρόπος που αυξάνει τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα.

Με τον όρο “τεχνητός εμπλουτισμός” περιγράφουμε τη διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται αύξηση, με τεχνητό τρόπο, των ποσοτήτων του υπόγειου νερού, με σκοπό τον έλεγχο του υδρολογικού συστήματος (σε τοπική ή διαχειριστική κλίμακα), την αποθήκευση νερού (για φρεάτιους υδροφορείς) και τον έλεγχο της ποιότητας του νερού στα πλαίσια που αυτό είναι δυνατό.

Ο τεχνητός εμπλουτισμός επιτυγχάνεται με την αύξηση της διαβρεχόμενης επιφάνειας του εδάφους και την αύξηση της χρονικής διάρκειας της διήθησης των επιφανειακών νερών προς τα υδροφόρα στρώματα (πέραν εκείνης που συμβαίνει με τον φυσικό εμπλουτισμό). Επιτυγχάνεται επίσης με διάθεση νερού απευθείας μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω φρεάτων και γεωτρήσεων.

Οι **σκοποί** του τεχνητού εμπλουτισμού είναι πολλοί και σπουδαίοι. Αναφέρονται παρακάτω ορισμένοι από τους σπουδαιότερους:

- η αντιμετώπιση της μείωσης ή εξάντλησης του νερού στους εντατικά εκμεταλλευόμενους υδροφορείς,
- η δημιουργία υπόγειων υδατικών αποθεμάτων,
- η αποθήκευση νερού (για φρεάτιους υδροφορείς),
- ο έλεγχος του υδρολογικού συστήματος (σε τοπική ή διαχειριστική κλίμακα),
- η πρόληψη ή αντιμετώπιση της υφαλμύρωσης παραθαλάσσιων υδροφόρων στρωμάτων,
- η πρόληψη της καθίζησης εδαφών λόγω υπεράντλησης και
- ο έλεγχος της ποιότητας του νερού.
- Επίσης μπορεί να επιτευχθούν στόχοι όπως είναι ο έλεγχος των πλημμύρων, η ψύξη ζεστών νερών, η άντληση πετρελαίου, η συνδυασμένη αξιοποίηση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

6.2. Προϋποθέσεις εφαρμογής του τεχνητού εμπλουτισμού

Οι βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου του τεχνητού εμπλουτισμού είναι οι ακόλουθες.

- Πρέπει να υπάρχει επιφανειακό νερό σε επαρκή ποσότητα.
- Η ποιότητα του επιφανειακού νερού να είναι κατάλληλη και χημικά συμβατή με αυτήν του υπόγειου.
- Να υπάρχουν κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες (επιφάνειες και υπέδαφος με μεγάλη περατότητα, υδροφόρα στρώματα σε αλληλουχία και σε υδραυλική διασύνδεση, κλπ).
- Να υπάρχουν περιοχές κατάλληλες γεωμορφολογικά.
- Να υπάρχουν βασικά έργα υποδομής ή η δυνατότητα κατασκευής τους.
- Να απουσιάζουν νομικά προβλήματα.

- Το κατασκευαστικό και το λειτουργικό κόστος να μην είναι ασύμφορα για να είναι εφικτή η λύση του τεχνητού εμπλουτισμού.

6.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του Τεχνητού Εμπλουτισμού

Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται τα εξής:

- Η χρήση των υπόγειων υδροφόρων για αποθήκευση νερού και η απομάκρυνση των μολυσματικών παραγόντων με διεργασίες φυσικού καθαρισμού που λαμβάνουν χώρα καθώς το σχετικά επιβαρημένο νερό διαπερνά και φιλτράρεται μέσω του εδάφους και διεισδύει στους ποικίλους γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Περιβαλλοντικά ο τεχνητός εμπλουτισμός έχει γενικά θετικές επιπτώσεις: βελτίωση της ποιότητας του υπόγειου νερού, προστασία της ύπαρξης και της λειτουργίας πηγών και υγροτόπων, αποφυγή ποσοτικής υποβάθμισης υδροφορέων, αποφυγή ή αναχαίτιση διείσδυσης θαλασσινού νερού στα παράκτια υδροφόρα στρώματα.
- Οι υπόγειοι ταμειυτήρες δεν διατρέχουν τους κινδύνους των φυσικών καταστροφών όσο οι επιφανειακοί ταμειυτήρες (κατολισθήσεις, πλημμύρες, άμεσες μολύνσεις).
- Δεν αχρηστεύεται λόγω υπεράντλησης τυχόν υπάρχουσα υποδομή από γεωτρήσεις, φρέατα κλπ.
- Μειώνονται οι απώλειες νερού από εξατμίσεις.
- Η τεχνολογία είναι απλή και γενικά κατανοητή και καλά ανεκτή τόσο από τους τεχνικούς όσο και από το γενικότερο πληθυσμό.

Στα μειονεκτήματα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε:

- απαιτείται συνεχής και επιμελής παρακολούθηση των συστημάτων τεχνητού εμπλουτισμού,
- υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης - ρύπανσης υπόγειου νερού, αν έστω επεισοδιακά,
- χρησιμοποιηθεί μολυσμένο - ρυπασμένο νερό. Επίσης υπάρχει ο κίνδυνος μόλυνσης ειδικά σε περιοχές αγροτικές.
- Δεν συναντώνται συχνά στη φύση κατάλληλες συνθήκες υπό οικονομικά συμφέροντες όρους για εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού.
- Χρειάζονται νόμοι και κανονισμοί για τη συντήρηση των πηγαδιών, ώστε να μη γίνουν αυτά πηγές ρύπανσης.
- Πρέπει να ερευνηθεί η υδρογεωλογία του υδροφόρου στρώματος πριν τεθούν σε εφαρμογή τα σχέδια.

- Μπορεί να προκληθούν ζημιές στο έδαφος και τη βλάστηση στην ευρύτερη περιοχή κατά την κατασκευή των “παγίδων” του νερού (λεκάνες κατάκλυσης, τάφροι, φραγμοί ανάσχεσης επιφανειακής ροής, έργα εκτροπής κ.α.).

6.4. Τεχνητός Εμπλουτισμός Υδροφορέων – Μέθοδοι

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται αποσκοπούν στην αύξηση της κατακόρυφης διήθησης (αύξηση του χρόνου επιφανειακής απορροής και της αντίστοιχης επιφάνειας). Μπορεί να εφαρμοστεί διήθηση μέσω ειδικών επιφανειακών κατασκευών με διαπερατό πυθμένα, επαναφόρτιση μέσω φρεάτων ή επιβαλλόμενη επαναφόρτιση.

Δύο είναι οι βασικές μέθοδοι τεχνητού εμπλουτισμού (Artificial recharge) (κατά Richter και Chun, 1959, Price, 1965):

- Η μέθοδος επιφανειακής κατάκλυσης - διήθησης, και
- η μέθοδος της υπόγειας διήθησης

Στην πρώτη μέθοδο το επιφανειακό νερό ποταμού, πηγής ή χειμάρρου εκτρέπεται και οδηγείται σε ειδικά διαμορφωμένες θέσεις, στις οποίες είτε ρέει με αργό ρυθμό είτε παραμένει στάσιμο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μέρος του νερού να διηθείται και αφού περάσει την ακόρεστη ζώνη φτάνει στο υδροφόρο στρώμα και το εμπλουτίζει. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει πλήθος παραλλαγών και συνδυασμών, ενώ βασική προϋπόθεση για την επιτυχία της είναι η ύπαρξη υδραυλικής επικοινωνίας του νερού εμπλουτισμού με το υδροφόρο στρώμα.

Στη δεύτερη μέθοδο, αυτή της υπόγειας διήθησης, το επιφανειακό νερό οδηγείται σε πηγάδια ή και γεωτρήσεις και μέσω αυτών διοχετεύεται απ’ ευθείας στους υδροφόρους ορίζοντες τους οποίους εμπλουτίζει άμεσα. Και οι δύο μέθοδοι θα εξετασθούν στη συνέχεια.

Μεγάλη σημασία για τον εμπλουτισμό έχουν τόσο η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου νερού εμπλουτισμού όσο και οι γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής.

6.4.1. Ποιότητα του νερού εμπλουτισμού

Για τεχνητό εμπλουτισμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν νερά που διαφορετικά θα χάνονταν στη θάλασσα. Απαραίτητη προϋπόθεση όμως είναι το χρησιμοποιούμενο νερό να είναι κατάλληλης ποιότητας ώστε να εκμηδενίζεται οποιαδήποτε περίπτωση υποβάθμισης της ποιότητας του υδροφορέα.

Γενικά τα υπόγεια νερά θεωρούνται ιδιαίτερα ικανοποιητικά από άποψη ρύπανσης αφού δεν είναι τόσο ευάλωτα σε περιπτώσεις μόλυνσης όπως τα επιφανειακά. Ωστόσο αν ένας υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας μολυνθεί τότε επανέρχεται δύσκολα σε καλή

κατάσταση και μετά από εκτεταμένες προσπάθειες και πολύ χρόνο, διότι οι ρυπαντές δύσκολα αποπλένονται από τους πόρους των πετρωμάτων.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να εξετάζονται παράμετροι όπως τα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, αλλά και τα χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του.

Φυσικά χαρακτηριστικά

Τα αιωρούμενα στερεά ή διαφορετικά τα εν αιωρήσει ιζήματα που περιέχει το νερό (άργιλος, ιλύς, οργανικά υλικά) αποτελούν τη σπουδαιότερη παράμετρο για να κριθεί ένα νερό κατάλληλο ή όχι για τεχνητό εμπλουτισμό. Αυτά προσδιορίζονται μέσω της θολότητας (turbidity) του νερού.

Η παράμετρος της θολότητας σχετίζεται με την ποσότητα των αιωρούμενων στερεών που προκαλούν σκέδαση στις ακτίνες μιας διερχόμενης δέσμης φωτός και δίνουν στο νερό νεφελώδη όψη. Η μονάδα μέτρησης της θολότητας είναι το NTU (Nephelometric Turbidity Unit) και οι Αμερικάνικοι κανονισμοί θέτουν άνω όριο το 1 NTU. Η θολότητα μετριέται με ειδικά όργανα, τα θολόμετρα και οφείλεται στην παρουσία κολλοειδών και αιωρούμενων σωματιδίων. Σχετίζεται άμεσα με την συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών, τα οποία εμποδίζουν την διέλευση του φωτός μέσα από το δείγμα. Νερά με υψηλή θολότητα έχουν μειωμένη αισθητική αξία, ενώ σημαντική είναι και η επίδραση της ιδιότητας αυτής στην απολύμανση του νερού ή των λυμάτων, αφού τα αιωρούμενα στερεά προσφέρουν θέσεις προστασίας σε παθογόνους μικροοργανισμούς (οι οποίοι βρίσκονται μέσα στις βιοκροκίδες που δύσκολα τις διαπερνά το απολυμαντικό μέσο).

Στη μέθοδο εμπλουτισμού με επιφανειακή κατάκλυση το επιτρεπόμενο ποσοστό ιλύος στο νερό εμπλουτισμού εξαρτάται από την τεχνική εφαρμογής, τη σύσταση του εδάφους, αλλά από το κόστος καθαρισμού του νερού και το κόστος αφαίρεσης της ιλύος από τον πυθμένα των έργων. Συνήθως για κάθε έργο εμπλουτισμού το επιτρεπτό όριο ιλύος στο νερό συνιστάται να είναι λιγότερο από 1000 ppm.

Στη μέθοδο εμπλουτισμού με γεωτρήσεις απαιτείται πολύ καλή ποιότητα νερού. Τα αιωρούμενα στερεά πρέπει να είναι λιγότερα από 1 ppm, το BOD μικρό (<5 ppm) και η θολερότητα <0.3 NTU. Το pH του νερού εμπλουτισμού καλό είναι να μη έχει τιμές μεγαλύτερες από 7,5 γιατί τότε υπάρχει η τάση να αποθέσει άλατα στα τοιχώματα και τα φίλτρα της γεώτρησης.

Έρευνες έδειξαν ότι τα λιμναία νερά όταν χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες για μακρό χρόνο εμπλουτισμού σχηματίζουν στα τοιχώματα της γεώτρησης μια αδιαπέρατη "ψάθα" (mat), κυρίως από οργανικό υλικό, που εμποδίζει την διέλευση του νερού προς το υδροφόρο (εμπλουτισμός) και προς τη γεώτρηση (άντληση).

Χημικά χαρακτηριστικά

Σε μία συνήθη χημική ανάλυση νερού πρέπει να προσδιορίζονται (Harpaz, 1971, Mauser, 1988): Cl, SO₄, NO₃, HCO₃, Ca, Mg, K, Na, Fe, TDS, CO₂. Γενικά:

- τα νερά εμπλουτισμού πρέπει να έχουν χαμηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών (<1 ppm), Na και Fe, για να μην αποτίθενται στη γεώτρηση ιζήματα Fe ή άλατα στους φιλτροσωλήνες,
- τα ανθρακικά (ως CaCO₃) αν υπερβαίνουν τα 300 mg/l στο νερό εμπλουτισμού, τότε αποτίθεται στη γεώτρηση ίζημα,
- νερά με Mn>1 ppm, με υψηλό pH ή με παρουσία οξυγόνου, αποθέτουν ίζημα Mn.

Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά

Το φορτίο των μικροοργανισμών στο νερό προσδιορίζεται με μικροβιολογικές εξετάσεις. Η παράμετρος που μας ενδιαφέρει είναι τα κολοβακτηρίδια (TC και FC) που αποτελούν δείκτες της μικροβιακής φόρτισης. Ειδικές αναλύσεις οδηγούν στον προσδιορισμό τους και στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

6.5 Τεχνητός εμπλουτισμός στο Αργολικό πεδίο

Ο τεχνητός εμπλουτισμός αποτελεί διεθνώς την ενδεικνυόμενη πρακτική αντιμετώπισης ποσοτικών και ποιοτικών προβλημάτων που ανακύπτουν από τη διατάραξη του υδατικού ισοζυγίου υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών.

Στο Αργολικό πεδίο στις αρχές της δεκαετίας του 1960, η υποβάθμιση των υπόγειων υδάτων από την διείσδυση του θαλάσσιου νερού, ιδιαίτερα στις ανατολικές περιοχές του, προσέλκυσε το ενδιαφέρον των αρμόδιων επιστημονικών και άλλων φορέων. Την εποχή εκείνη, στην παράκτια ζώνη του Ναυπλίου καθώς και στις περιοχές Άριας, Ασίνης - Λευκακίων και Δρεπάνου - Τολού, η άντληση των υπόγειων νερών για την κάλυψη των πρόσθετων αρδευτικών αναγκών επέφερε υφαλμύρωση των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών. Οι επιπτώσεις της άρδευσης των καλλιεργειών με υφάλμυρο νερό ήταν άμεσες τόσο στο φυσικό όσο και στο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον της περιοχής. Οι αποδόσεις των καλλιεργειών μειώνονταν δραστικά, μεγάλες εκτάσεις εσπεριδοειδών παρουσίαζαν συμπτώματα ξήρανσης και ο αγροτικός πληθυσμός κατέφευγε στην αναζήτηση πηγών νερού καλής ποιότητας.

Τα πρώτα πειράματα τεχνητού εμπλουτισμού πραγματοποιήθηκαν το 1964 και διήρκησαν μέχρι το 1968. Από το 1990 και μετά άρχισε και πάλι η εφαρμογή εμπλουτισμού με νερά της πηγής του Κεφαλαρίου.

6.5.1 Πρώτη φάση

(Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α, 2009)

Τα πρώτα συστηματικά πειράματα τεχνητού εμπλουτισμού, πραγματοποιήθηκαν στην Αργολίδα αλλά και σε άλλα μέρη στην Ελλάδα, την περίοδο 1964-1968. Πιο συγκεκριμένα στο Αργολικό πεδίο τα πειράματα αυτά έγιναν στις περιοχές Πολυγώνου, Αγίου Αδριανού, Λευκακίων, Ασίνης και Δρεπάνου όπου είχε παρατηρηθεί η εντονότερη υφαλμύρωση των υπόγειων νερών με καταστρεπτικές συνέπειες στα εσπεριδοειδή των περιοχών αυτών. Για την εφαρμογή του εμπλουτισμού κατασκευάστηκε σωληνωτός αγωγός μεταφοράς νερών της πηγής Κεφαλαρίου στις παραπάνω περιοχές. Ο αγωγός αυτός τροφοδοτούσε υπάρχοντα αρδευτικά δίκτυα, από τα οποία το νερό με πλαστικούς σωλήνες κατέληγε πάντα κάτω από την υπάρχουσα στάθμη των φρεάτων για να αποφεύγεται η δημιουργία φυσαλίδων αέρα, οι οποίες θα ήταν δυνατό να εμφράζουν τους πόρους των υδροφόρων σχηματισμών στο άμεσο περιβάλλον των φρεάτων, μειώνοντας έτσι την απορροφητική τους ικανότητα και για να προστατεύονται επίσης τα τοιχώματα ανεπένδυτων φρεάτων από πιθανές διαβρώσεις.

Ο τεχνητός εμπλουτισμός της περιόδου 1964 άρχισε από το Μάιο και ήταν μικρής διάρκειας λόγω έλλειψης νερού. Επαναλήφθηκε το Φεβρουάριο του 1965 σε ευρύτερη κλίμακα και ήταν διάρκειας τριών μηνών περίπου. Το 1966 ο εμπλουτισμός άρχισε πάλι το Φεβρουάριο και ήταν διάρκειας 60 ημερών. Από το Δεκέμβριο του 1966 μέχρι τον Απρίλιο του 1967 ο εμπλουτισμός επαναλήφθηκε για 120 ημέρες σε στάδιο πλέον πρακτικής εφαρμογής με δαπάνες του ΤΟΕΒ υπό τις οδηγίες της ΥΕΒ του ΥΠ.ΓΕ, στις περιοχές Άριας, Αγ. Αδριανού, Ασίνης, Λευκακίων και Δρέπανου. Στην περίπτωση αυτή τα φρέατα εμπλουτισμού δεν ήταν σταθερά αλλά πολλά από αυτά άλλαζαν συνέχεια. Τέλος, την Άνοιξη του 1968 ο ΤΟΕΒ επανέλαβε τον τεχνητό εμπλουτισμό σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής με οδηγίες της ΥΕΒ του ΥΠ.ΓΕ.

Πριν από την έναρξη του εμπλουτισμού μετρήθηκαν οι στάθμες και η συγκέντρωση των χλωριόντων σε όλα τα φρέατα εμπλουτισμού και παρατηρήσεων. Κατά την διάρκεια του εμπλουτισμού καταγράφονταν επίσης τακτικά η παροχή εμπλουτισμού σε κάθε φρέαρ καθώς και οι στάθμες και η συγκέντρωση των χλωριόντων σε όλο το δίκτυο εμπλουτισμού και παρατηρήσεων. Οι συνολικές ποσότητες νερού που εφαρμόστηκαν τα έτη 1965, 1966, 1967 ήταν αντίστοιχα 1.160.000, 745.000 και 1.400.000m³ αντίστοιχα.

6.5.2 Δεύτερη φάση

(Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α, 2009)

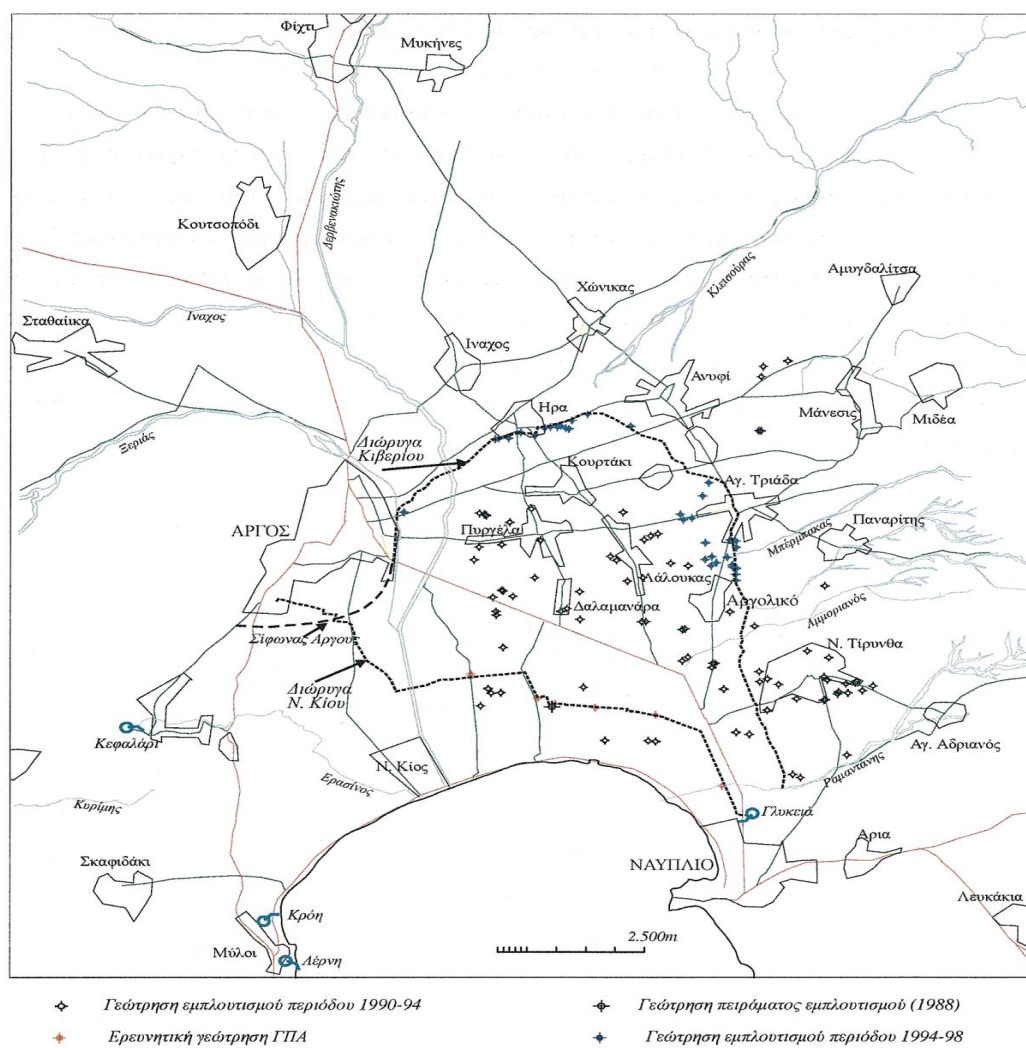
Εξαιτίας των υπεραντλήσεων που πραγματοποιήθηκαν από το 1960 και μετέπειτα, το μέτωπο της υπαλμύρωσης κατά το τέλος της δεκαετίας του 1980, προωθήθηκε μέχρι τα όρια των περιοχών Κουρτακίου, Πυργέλας, Ηραίου και Αγίας Τριάδας ενώ μέτωπα υπαλμύρωσης εμφανίστηκαν και στο βορειοανατολικό τμήμα της πεδιάδας. Η στάθμη των υπόγειων νερών, στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της πεδιάδας, έφτασε να είναι ακόμα και 50 μέτρα κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, ενώ η ολική πτώση της μεταξύ των ετών 1964 και 1990 πλησίασε τα 70 έως 80 μέτρα.

Ο τεχνητός εμπλουτισμός εφαρμόστηκε αρχικά σε σύνολο 130 ιδιωτικών γεωτρήσεων και φρεάτων σε ευρύτερη πλέον ζώνη από αυτή της πρώτης φάσης και κάλυπτε όχι μόνο της περιοχές της Ασίνης - Δρέπανου - Λευκακίων, αλλά κυρίως όλη τη χαμηλή περιοχή του Αργολικού Πεδίου από το Ναύπλιο και τη Νέα Τίρυνθα μέχρι τη Νέα Κίο και προς βορρά μέχρι της περιοχές Πυργέλας, Δαλαμανάρας και Λάλουκα (βλ. Σχήμα 6.1).

Η τροφοδοσία των γεωτρήσεων και των φρεάτων γινόταν αποκλειστικά μέσω της διώρυγας της Νέας Κίου με νερό άριστης ποιότητας της πηγής Κεφαλαρίου. Η προώθηση του νερού από τη διώρυγα στις γεωτρήσεις και στα φρέατα εμπλουτισμού γινόταν με λειτουργία αντλιοστασίων άρδευσης και χρήση των δικτύων μεταφοράς

αρδευτικού νερού. Το πρόγραμμα του εμπλουτισμού συνεχίστηκε κατά τους χειμερινούς μήνες μέχρι και το 1994.

Με την περάτωση των εργασιών κατασκευής της νέας διώρυγας Κιβερίου, την Άνοιξη του 1994, κατέστη δυνατή η εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού σε ιδιωτικές γεωτρήσεις εκατέρωθεν της διώρυγας αυτής, με ποσότητες νερού μεγαλύτερες από εκείνες που εφαρμόζονταν τα προηγούμενα έτη. Έτσι από το 1994, ο εμπλουτισμός άρχισε να γίνεται κυρίως από τη νέα διώρυγα Κιβερίου σε παρακείμενες γεωτρήσεις, με φυσική ροή και αναρρόφηση νερού από τη διώρυγα, ενώ η τροφοδοσία γεωτρήσεων και φρεάτων από τη διώρυγα της Νέας Κίου περιορίστηκε στην περιοχή της Ασίνης - Δρέπανου, καθώς και στις υψηλότερες περιοχές του Αγ. Αδριανού, Ν. Τίρυνθας και Παναρίτη. Το γεγονός αυτό, είχε ως συνέπεια, την μετατόπιση της ζώνης εμπλουτισμού βορειότερα και τη δυνατότητα εφαρμογής μεγαλύτερης ποσότητας νερού με αμελητέα κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς με ελαχιστοποίηση του κόστους.

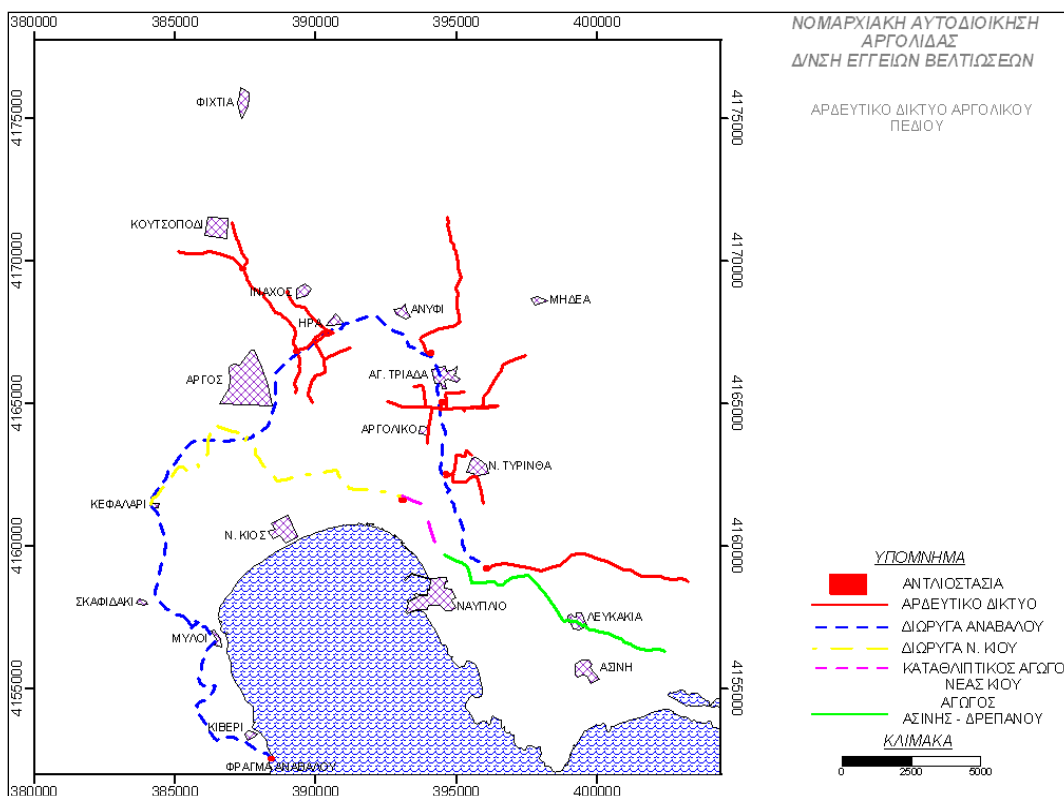


Σχήμα 6.1: Θέσεις γεωτρήσεων εμπλουτισμού της περιόδου 1990-98 (Πουλοβασίλης κ.α, 2002)

6.5.3 Τεχνητός εμπλουτισμός (Ιανουάριος – Απρίλιος 2009)

(Κύριες βιβλιογραφικές πηγές Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α.: «Έκθεση εφαρμογής Τεχνητού Εμπλουτισμού στις περιοχές Αργολικού Πεδίου & Ασίνης – Δρεπάνου. Ιανουάριος – Απρίλιος 2009»)

Το έργο του Τεχνητού Εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών στις περιοχές του Αργολικού Πεδίου και Ασίνης - Δρεπάνου, κατά την περίοδο Ιανουάριος - Απρίλιος 2009, έγινε με μεταφορά νερού από την πηγή Κεφαλαρίου μέσω υφιστάμενων αρδευτικών υποδομών. Η καλλιεργούμενη έκταση που αντιστοιχεί στην περιοχή εφαρμογής του έργου στο Αργολικό Πεδίο (από Άργος μέχρι Ναύπλιο) είναι περίπου 95.000 στρέμματα τα οποία σχεδόν όλα είναι αρδευόμενα (Σχήμα 6.2). Αντίστοιχα στην περιοχή Ασίνης – Δρεπάνου η καλλιεργούμενη έκταση είναι περίπου 13.000 στρέμματα τα οποία επίσης σχεδόν όλα είναι αρδευόμενα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η επικρατούσα καλλιέργεια και στις δύο περιοχές είναι τα εσπεριδοειδή με μέση ανάγκη σε νερό άρδευσης $700 \text{ μ}^3/\text{χρόνο}/\text{στρέμμα}$, οι εκτιμώμενες ανάγκες σε νερό είναι περίπου $76.000.000 \text{ μ}^3$ νερού, από τα οποία περίπου $15.000.000 \text{ μ}^3$ καλύπτονται από το Φράγμα Αναβάλου (με ανάμειξη με νερό καλύτερης ποιότητας, κυρίως του Κεφαλαρίου) και τα υπόλοιπα $61.000.000 \text{ μ}^3$ από τα υπόγεια νερά. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ήδη από την δεκαετία του 1960 γινόταν υπεράντληση των υπογείων νερών στην περιοχή με αποτέλεσμα την σημαντική μείωση του όγκου τους και την υφαλμύρινσή τους.



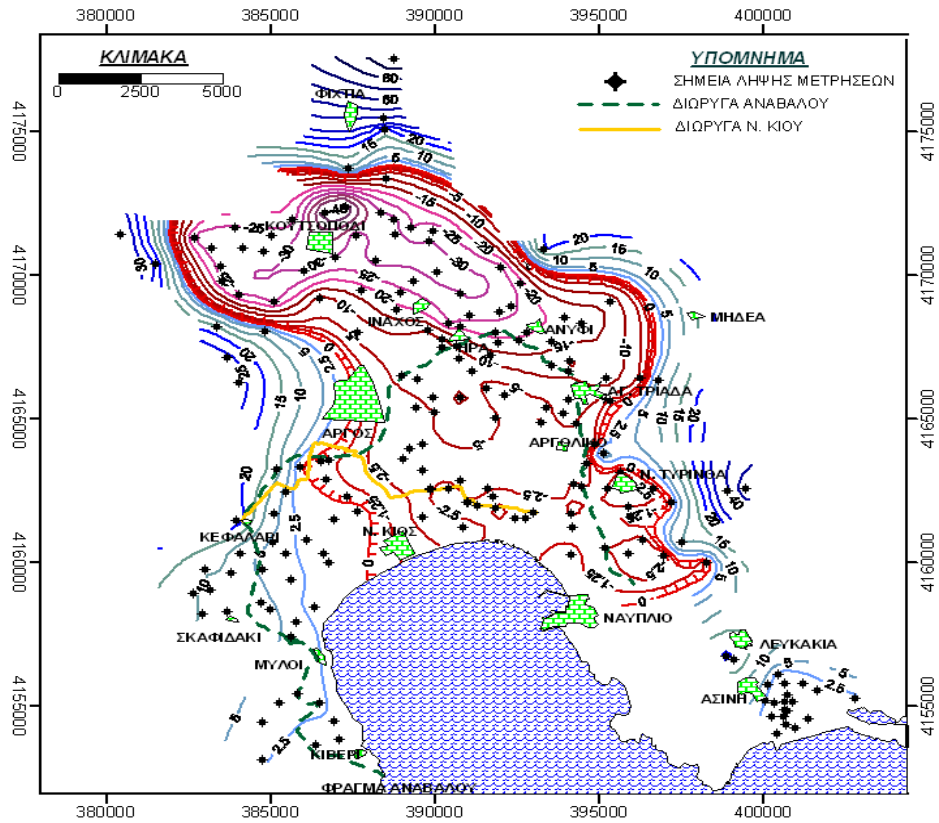
Σχήμα 6.2: Αρδευτικό δίκτυο (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)

Το έργο αφορούσε τον Τεχνητό Εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών του Αργολικού Πεδίου και της περιοχής Ασίνης - Δρεπάνου κατά τους υγρούς μήνες, με χρήση νερού - η ποιότητα του οποίου ικανοποιεί τα όρια ποσιμότητας- που προέρχεται από τα πλεονάσματα των πηγών Κεφαλαρίου (κατά προτεραιότητα) και Λέρνης (πηγή στην περιοχή των Μύλων Αργολίδας). Το νερό διατέθηκε μέσω υφιστάμενων 3 αρδευτικών υποδομών στα σημεία εφαρμογής τα οποία αποτελούνται από 91 υφιστάμενες γεωτρήσεις βάθους 60 έως 80 μ και 3 φρέατα βάθους 4 – 15 μ στην περιοχή του Αργολικού Πεδίου, 35 υφιστάμενα φρέατα βάθους 6 – 8 μ στην περιοχή Ασίνης – Δρεπάνου και επιφανειακή διάθεση στις κοίτες των χειμάρρων Ραμαντάνη και Αμαριανού. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες διατιθέμενες ποσότητες νερού ήταν $25 \cdot 10^6$ μ³/έτος για το Αργολικό Πεδίο και $4,3 \cdot 10^6$ μ³/έτος για την περιοχή Ασίνης – Δρεπάνου.

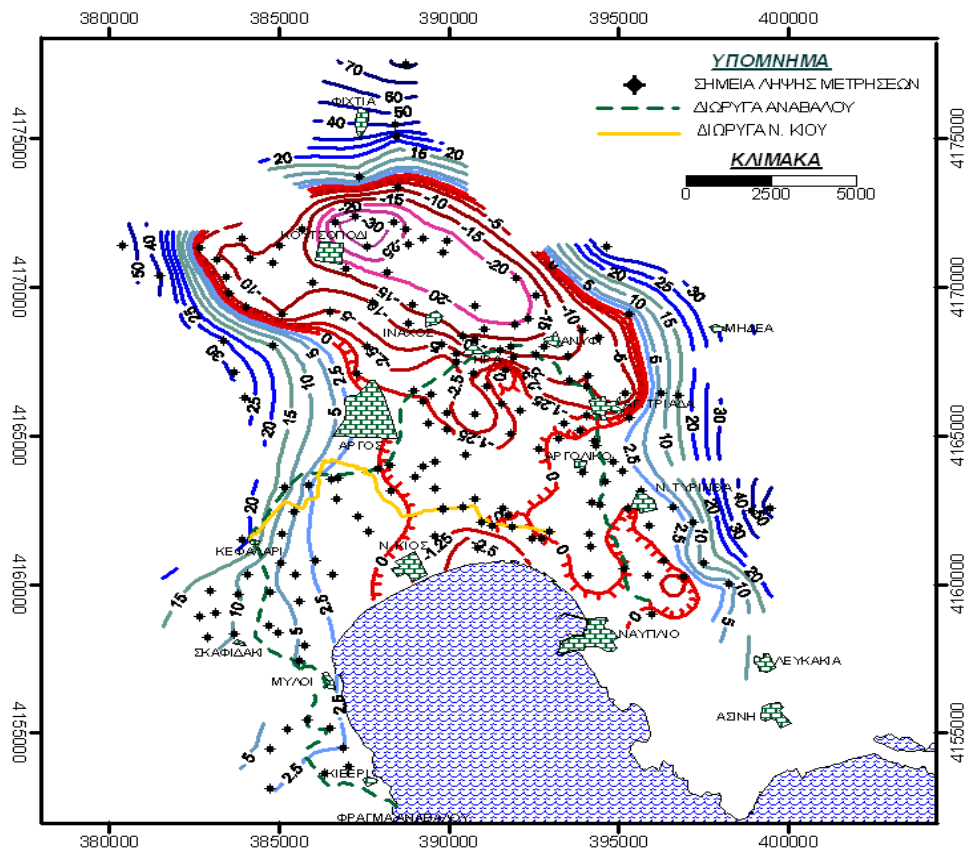
Κύριοι στόχοι του έργου ήταν:

- Η επαναφορά της πιεζομετρίας και των υπόγειων αποθεμάτων νερού της περιοχής στα αντίστοιχα επίπεδα της Άνοιξης του 1964 (εποχή όπου θεωρείται ότι η ποσότητα και η ποιότητα των υπογείων νερών της περιοχής δεν είχε ακόμα επηρεαστεί σημαντικά από την υπεράντληση).
- Η αποθήκευση κατά τους υγρούς μήνες ποσότητας νερού στους υπόγειους υδροφορείς με σκοπό τη χρήση του κατά τους ξηρούς μήνες για αρδευτικούς σκοπούς, αλλά και για άλλες αρδευτικές ανάγκες (π.χ. αντιπαγετική προστασία) ικανοποιώντας την αρχή της αειφορίας στη διαχείρισή τους.
- Η ανακοπή του φαινομένου της υπαλμύρινσης των υπόγειων υδροφορέων και η σταδιακή αποκατάσταση της ποιότητας των υπογείων υδάτων.

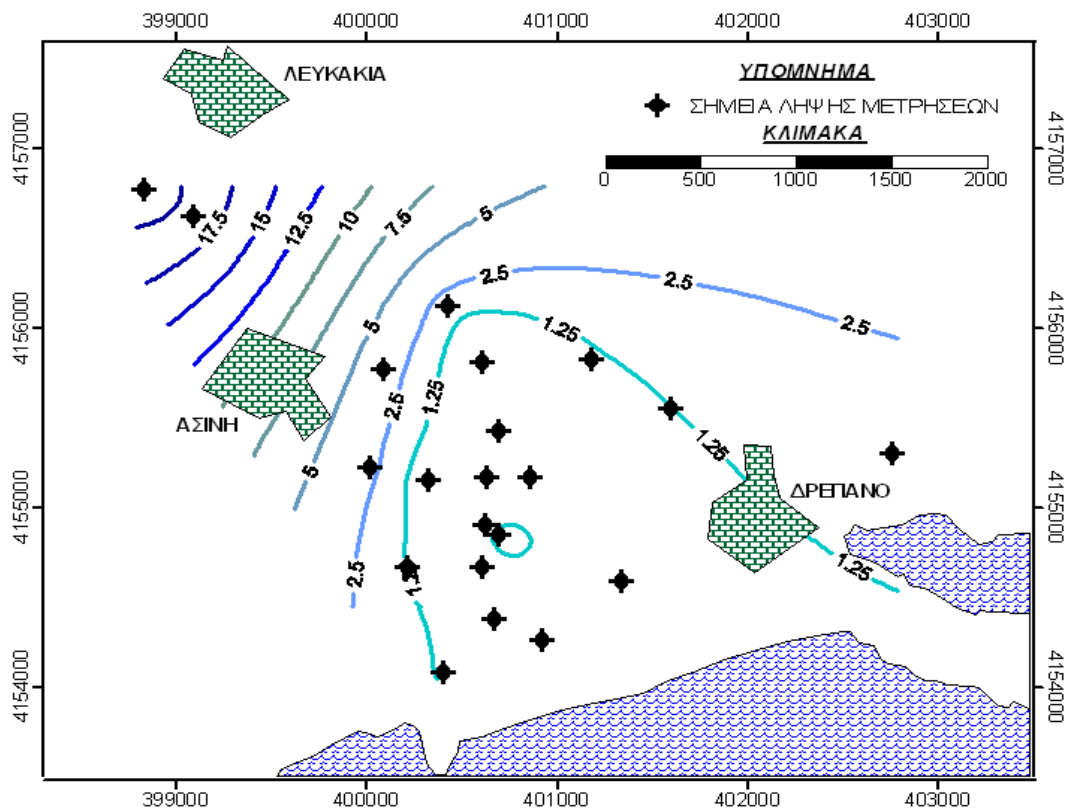
Σε γενικές γραμμές οι στόχοι επιτεύχθηκαν και τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά. Υπήρξε σημαντική βελτίωση στις τιμές της πιεζομετρίας του Απριλίου 2009 σε σχέση με την αντίστοιχη του Ιανουαρίου 2009 και στις δύο περιοχές. Όσον αφορά τα αποτελέσματα στον ποιοτικό τομέα υπήρξε μια βελτίωση αλλά μικρότερης κλίμακας σε σχέση με την πιεζομετρία, φανερώνοντας έτσι την δυσκολία απομάκρυνσης αλάτων από τα υπόγεια νερά. Ο χρόνος αποκατάστασης της ποιότητας είναι σαφώς πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της ποσότητας. Όλα τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τους παρακάτω *χάρτες* που μας παραχωρήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας έρευνας από το τμήμα Υδρο – οικονομίας Νομαρχίας Αργολίδας (σχήμα 6,3 έως 6.10).



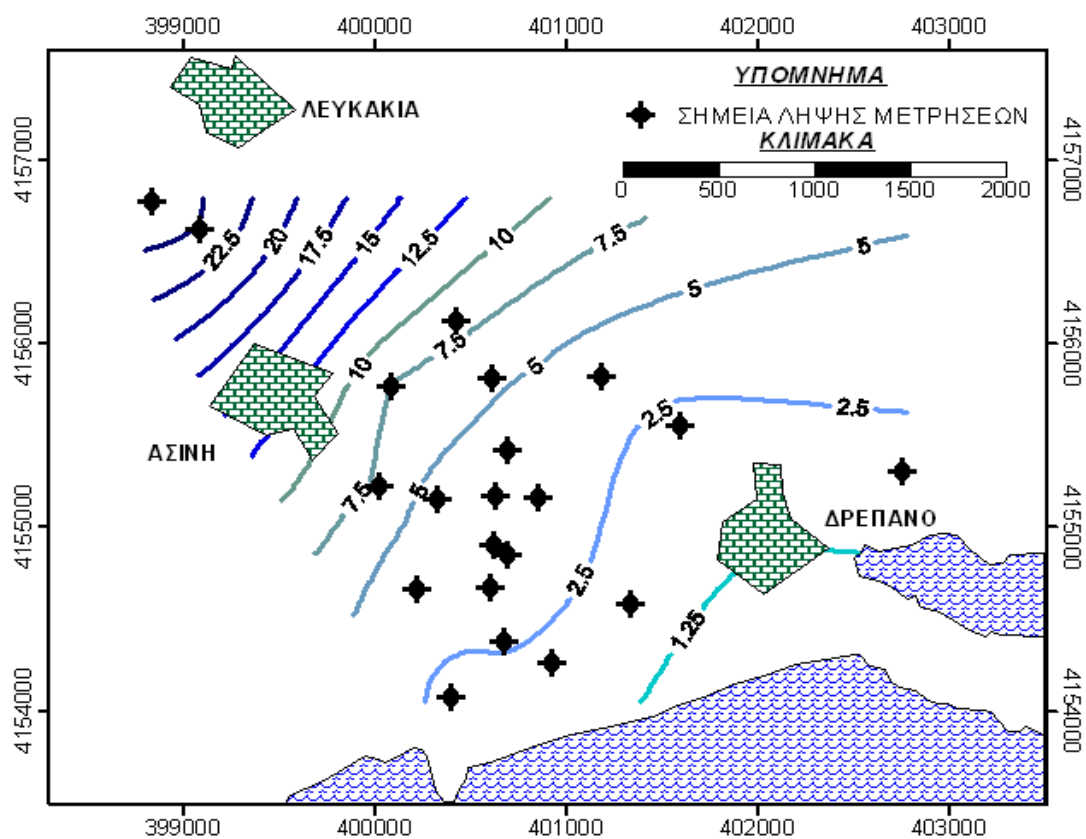
Σχήμα 6.3: Πιεζομετρία Αργολικού Πεδίου, Ιανουάριος 2009 (πριν την εφαρμογή Τεχνητού Εμπλουτισμού) (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)



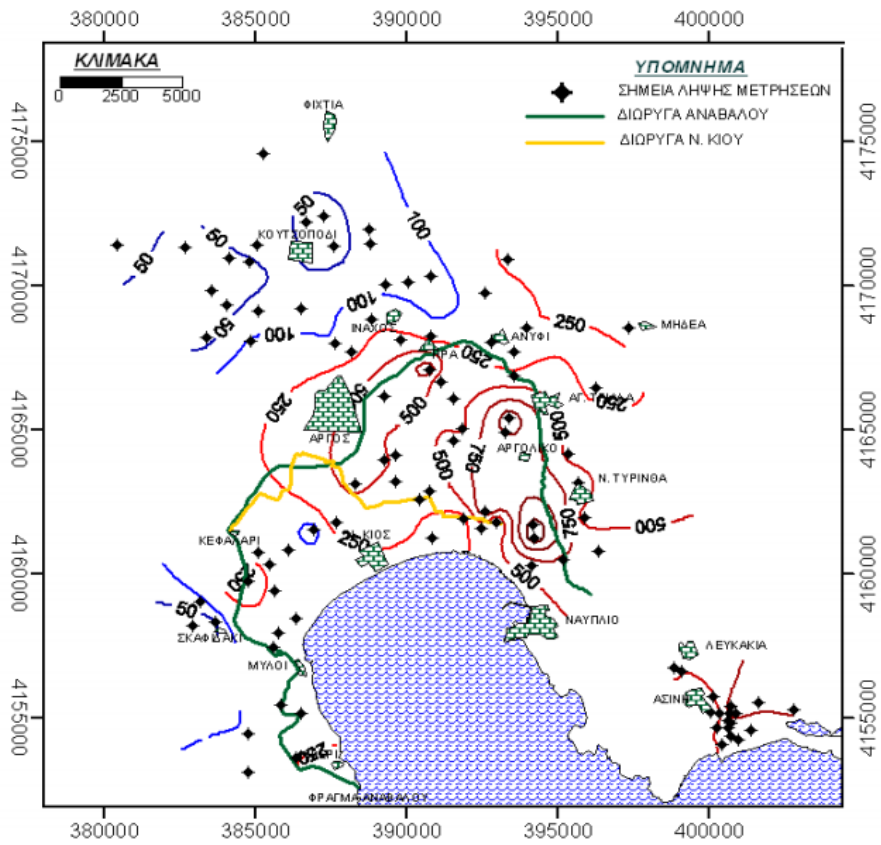
Σχήμα 6.4: Πιεζομετρία Αργολικού Πεδίου, Απρίλιος 2009 (μετά την εφαρμογή Τεχνητού Εμπλουτισμού) (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)



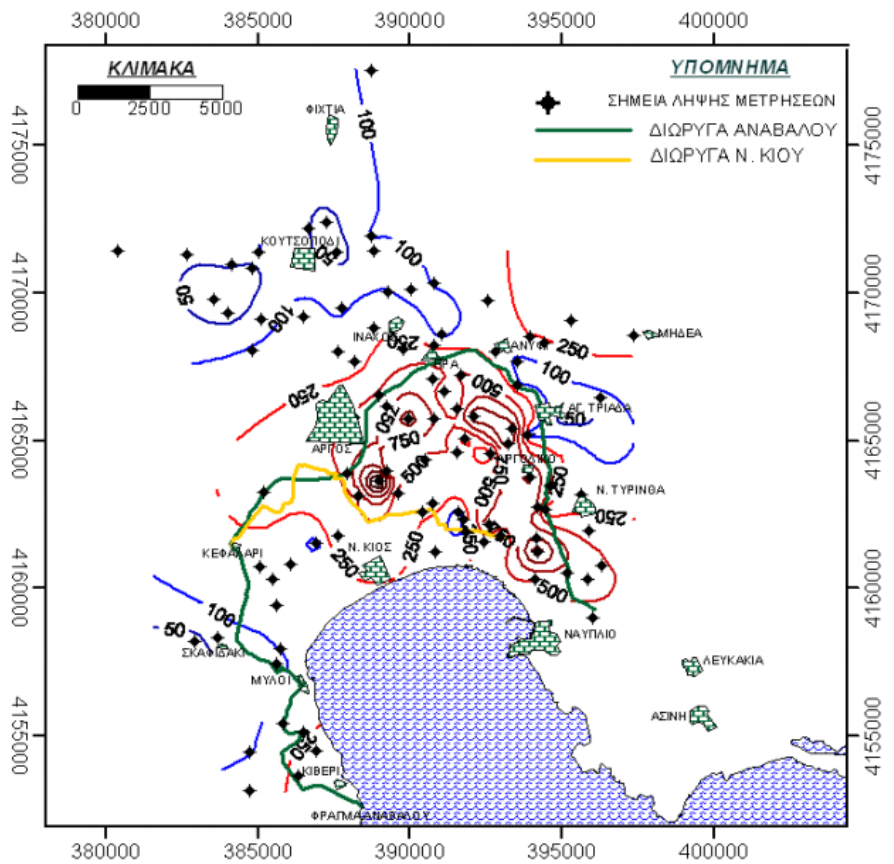
Σχήμα 6.5: Πιεζομετρία περιοχής Ασίνης – Δρεπάνου, Ιανουάριος 2009 (πριν την εφαρμογή Τεχνητού Εμπλουτισμού) (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)



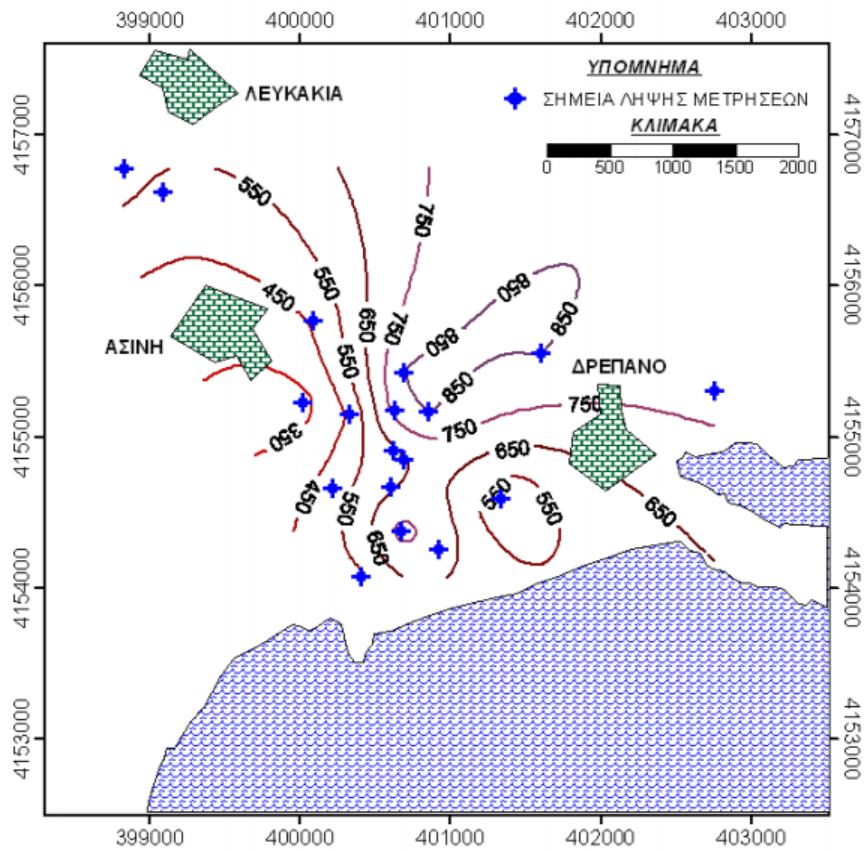
Σχήμα 6.6: Πιεζομετρία περιοχής Ασίνης – Δρεπάνου, Ιανουάριος 2009 (μετά την εφαρμογή Τεχνητού Εμπλουτισμού) (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)



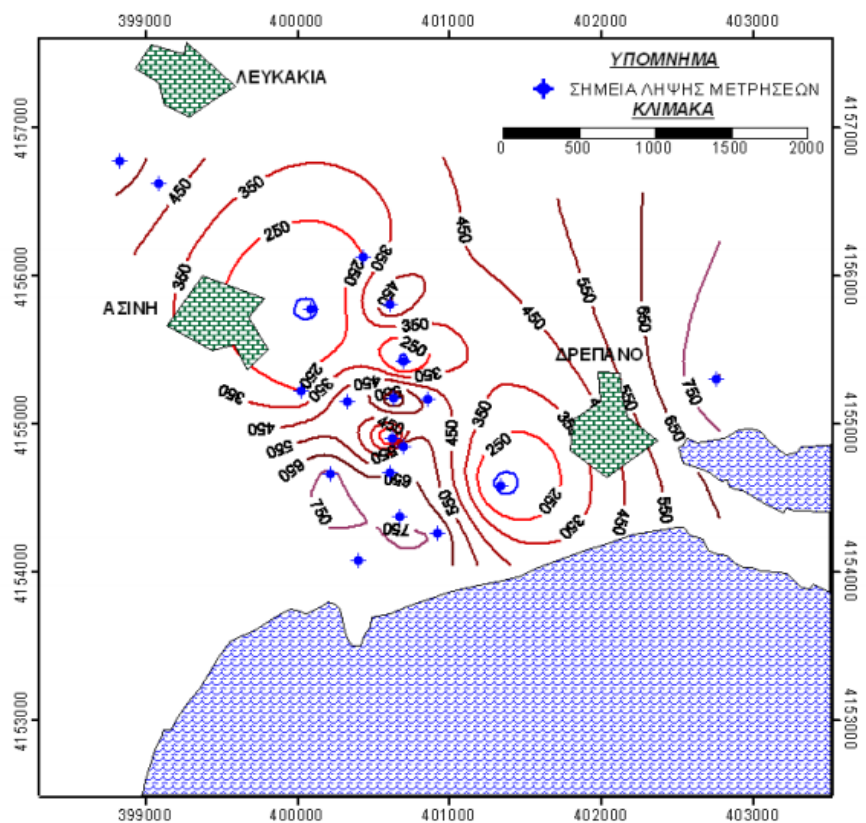
Σχήμα 6.7: Ισοχλῳρες καμπύλες Αργολικού Πεδίου, Ιανουάριος 2009 (πριν την εφαρμογή Τεχνητού Εμπλουτισμού) (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)



Σχήμα 6.8: Ισοχλῳρες καμπύλες Αργολικού Πεδίου, Ιανουάριος 2009 (μετά την εφαρμογή Τεχνητού Εμπλουτισμού) (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)



Σχήμα 6.9: Ισοχλώριες καμπύλες περιοχής Ασίνης – Δρεπάνου, Ιανουάριος 2009 (πριν την εφαρμογή Τεχνητού Εμπλουτισμού) (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)



Σχήμα 6.10: Ισοχλώριες καμπύλες περιοχής Ασίνης – Δρεπάνου, Ιανουάριος 2009 (μετά την εφαρμογή Τεχνητού Εμπλουτισμού) (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009)

Τεχνικές εφαρμογής

Στις περιπτώσεις που το νερό λήφθηκε με βαρύτητα ή αναρρόφηση από τις διώρυγες, πριν την εφαρμογή του και για την κατακράτηση των φερτών / υδροχαρών χρησιμοποιήθηκαν σήτες κατακράτησης. Στις περιπτώσεις που το νερό διοχετεύτηκε με τη λειτουργία του κλειστού αρδευτικού δικτύου, ο καθαρισμός του ήταν εξασφαλισμένος από τα εγκαταστημένα συστήματα καθαρισμού των αντλιοστασίων. (Σχήμα 6.12)



Σχήμα 6.12: Καθαρισμός νερού με σήτα κατακράτησης φερτών

Η διοχέτευση του νερού στον υδροφόρο ορίζοντα έγινε είτε μέσω της στήλης του αντλητικού συγκροτήματος, είτε με ειδική σωλήνωση που έφτανε μέχρι το επίπεδό του. Σε μερικές μόνο περιπτώσεις αβαθών φρεάτων χωρίς υδραυλική εγκατάσταση, το νερό κατακρημιζόταν από το χείλος του φρέατος, χωρίς ωστόσο να παρατηρηθεί κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα ευστάθειας των τοιχωμάτων τους.



Σχήμα 6.13: Εμπλουτισμός σε φρέαρ μέσω ειδικής σωλήνωσης

Στην περίπτωση της επιφανειακής διάθεσης στις διαμορφωμένες λεκάνες του χειμάρρου Αμαριανού, η ταχύτητα κατείσδυσης του νερού αποδείχθηκε ανάλογη της αντίστοιχης της τροφοδοσίας ($200-220 \mu^3/\omega\rho\alpha$) με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ροή προς τα κατάντη. Αντίστοιχα στο χειμάρρο Ραμαντάνη, λόγω της αργιλικής φύσης των σχηματισμών που δομούν την περιοχή (φλύσχης και υλικά αποσάθρωσης αυτού), με τροφοδοσία περί τα $50 \mu^3/\omega\rho\alpha$ η ταχύτητα κατείσδυσης αποδείχθηκε μικρότερη της αντίστοιχης τροφοδοσίας, με αποτέλεσμα να ενισχυθεί η μικρή φυσική ροή της περιόδου εκείνης σε μήκος περίπου ενός χιλιομέτρου προς τα κατάντη.



Σχήμα 6.14: Εμπλουτισμός στην κοίτη του χειμάρρου Αμαριανού

Στο σύνολο του έργου ο έλεγχος και η παρακολούθηση της διατεθείσας ποσότητας νερού γινόταν με τη χρήση σταθμηγράφου συνεχούς καταγραφής σε συνδυασμό με τη λειτουργία εκχειλιστή, που έχουν εγκατασταθεί στο παρελθόν με μελέτη και επίβλεψη του κ. Παν. Γιαννουλόπουλου, ανάντη του σίφωνα Άργους στη διώρυγα Αναβάλου. Μετατρέποντας τα δεδομένα του σταθμηγράφου σε αντίστοιχη παροχή προέκυψε ότι η συνολική ποσότητα νερού που πέρασε από το συγκεκριμένο σημείο ελέγχου την περίοδο εφαρμογής Τεχνητού Εμπλουτισμού (14-01-2009 έως 30-04-2009) ήταν 7.285.596 μ³. Από την ποσότητα αυτή -σύμφωνα με τα στοιχεία του Γ.Ο.Ε.Β. Αργοναυπλίας, 408.000 μ³ διατέθηκαν για τις ανάγκες άρδευσης της περιοχής Ιρίων. Συνεπώς η χορηγηθείσα ποσότητα νερού αποκλειστικά για Τεχνητό Εμπλουτισμό ήταν 6.877.596 μ³ (Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α. 2009).

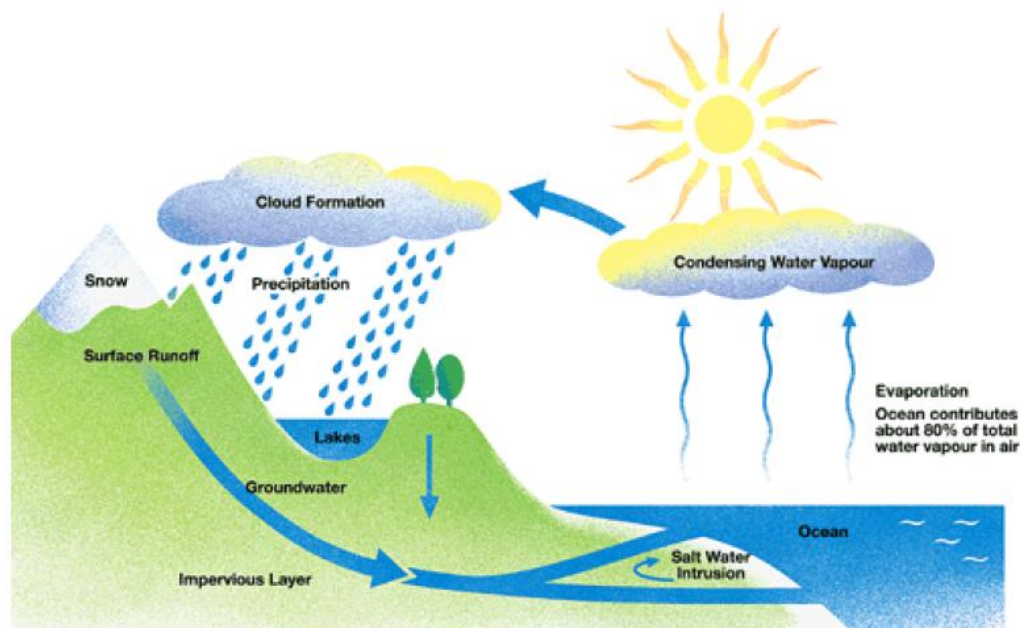


Σχήμα 6.15:. Σταθμηγράφος συνεχούς καταγραφής και εκχειλιστής στην διώρυγα Αναβάλου

7. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ

7.1 Γενικά

Η ποσότητα του νερού που υπάρχει στον πλανήτη θεωρείται ότι παραμένει σταθερή στο πέρασμα των αιώνων και βρίσκεται σε μία συνεχή εναλλαγή μεταξύ των διαφόρων φάσεων του νερού, γνωστή ως υδρολογικός κύκλος (Σχήμα 7.1). Οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού βρίσκονται στη θάλασσα από την οποία με την εξάτμιση και τη μεταφορά των υδρατμών καταλήγουν στη ξηρά ως ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Το νερό αυτό αποθηκεύεται σε τοπικές κοιλάδες στην επιφάνεια της γης, διηθείται στα επιφανειακά στρώματα του φλοιού της γης και καταλήγει στους υπόγειους υδροφορείς και τέλος δια των ποταμών απορρέει επιφανειακά. Τα επιφανειακά νερά των ποταμών και οι διαδρομές που ακολουθούν τα υπόγεια νερά έχουν ως κατάληξη κάποιο φυσικό αποδέκτη, συνήθως τη θάλασσα.



Σχήμα 7.1: Ο υδρολογικός κύκλος του νερού στη φύση

Αυτό που συνήθως αποτελεί πρόβλημα σε μία περιοχή ή ευρύτερη γεωγραφική ενότητα είναι η ποσότητα του καθαρού νερού. Με την έννοια καθαρό νερό εννοείται το κατάλληλο για ύδρευση και άρδευση κυρίως, η ποιότητα του οποίου πρέπει να είναι σύμφωνη με κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές που αφορούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του.

Οι παράκτιοι υπόγειοι υδροφορείς αποτελούν μία κύρια πηγή νερού σε περιοχές παρακείμενες στη θάλασσα, στις οποίες κατοικεί ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού της Γης. Επίσης, μεγάλες ανάγκες σε νερό άρδευσης υπάρχουν σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα. Με την εντατική εκμετάλλευση, για ύδρευση ή άρδευση, των υπόγειων υδατικών αποθεμάτων από τους παράκτιους υδροφορείς, βρισκόμαστε πολλές φορές αντιμέτωποι με τον κίνδυνο εισβολής του θαλασσινού νερού υπό την μορφή αλμυρής “σφήνας” μέσα σε γλυκούς υδροφορείς .

Η αλατότητα στο νερό μετράται και καταγράφεται ως ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w) ή ως συγκέντρωση ολικών διαλυμένων στερεών (TDS, Total Dissolved Solids). Στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζεται μία ταξινόμηση της ποιότητας του νερού με τη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών, ενώ στον Πίνακα 7.2 αναφέρονται ενδεικτικά τα επιτρεπτά όρια για τις διάφορες χρήσεις του νερού.

Πίνακας 7.1: Ταξινόμηση του νερού σύμφωνα με τη συγκέντρωση ολικών διαλυμένων στερεών(TDS)

| Κατηγορία | TDS(mg/l) |
|------------------|----------------------------------|
| Γλυκό νερό | 0-10 ³ |
| Υφάλμυρο νερό | 10 ³ -10 ⁴ |
| Αλμυρό νερό | 10 ⁴ -10 ⁵ |
| Πολύ αλμυρό νερό | >10 ⁵ |

Πηγή:Holzbecher (1998)

Πίνακας 7.2: Ενδεικτικά επιτρεπτά όρια αλατότητας για τη χρήση του νερού

| Κατηγορία | $EC_w(\mu\text{s}/\text{cm})$ | TDS(mg/l) |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------|
| Ύδρευση | 2500 | 1600 |
| Άρδευση(βαθμός περιορισμού) | | |
| Κανένας | <700 | <450 |
| Μικρός έως μέτριος | 700-3000 | 450-2000 |
| Μεγάλος | >3000 | >2000 |
| Βιομηχανία | Έως 2300 | Έως 1500 |

Πηγές:(*Οδηγία 98/83/ΕΚ),**Πανώρας και Ηλίας 1999,***Αντωνόπουλος 2001)

Η αύξηση της αλατότητας στο νερό των παράκτιων υδροφορέων οφείλεται συνήθως στη διείσδυση του θαλασσινού νερού, αλλά μπορεί να οφείλεται και σε άλλους λόγους (Jonet et al,1999), όπως η ύπαρξη παλιών θαμμένων αλμύρων (παγιδευμένα παλιά νερά) σε συγκεκριμένες περιοχές του υδροφορέα, η διάλυση αποθέσεων εβαπορίτων, το εκτόπισμα παλιού αλμυρού νερού από υποκείμενο ή παρακείμενο υδροφορέα λόγω γεωθερμικών πεδίων, καθώς και από ρύπανση λόγω οικιστικών (βοθρολύματα),

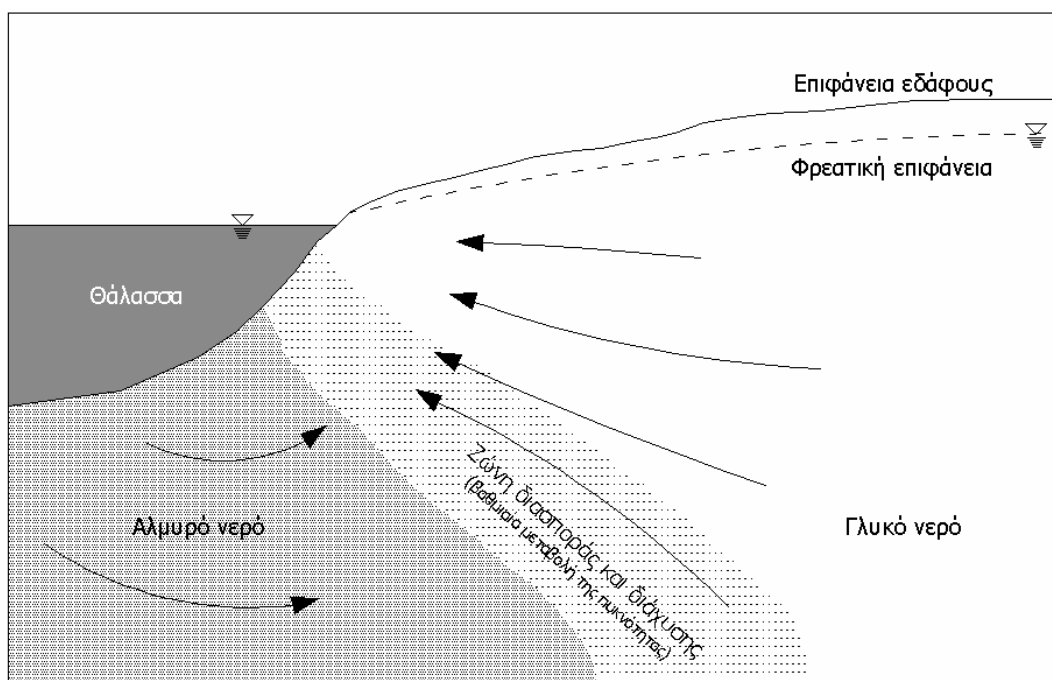
βιομηχανικών και γεωργικών δραστηριοτήτων. Τις περισσότερες φορές το ενδιαφέρον εστιάζεται στη διάκριση της θαλάσσιας διείσδυσης από την προερχόμενη από άλλες πηγές αλατότητας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή γεωχημικών ερευνών και τη μελέτη της σχέσης των συγκεντρώσεων μεταξύ διαφόρων χημικών παραμέτρων (π.χ. Na^+ , Cl^- , Ca/Mg). Η αναγνώριση της αιτίας της αύξησης της αλατότητας, μπορεί να είναι αρκετά χρήσιμη ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια της διείσδυσης του θαλασσινού νερού (Δουλγέρης Χ. ,2005).

Η διείσδυση θαλασσινού νερού αφορά τη μεταφορά μάζας αλατούχου νερού σε περιοχές οι οποίες προηγουμένως καταλαμβάνονταν από γλυκό νερό. Ο ρυθμός και η διαδρομή της μεταφοράς αυτής στους υπόγειους υδροφορείς καθορίζονται από τις υδραυλικές κλίσεις, την κατανομή της υδραυλικής αγωγιμότητας, καθώς και τη διασπορά και διάχυση των αλάτων. Το αλμυρό και το γλυκό νερό όταν έρθουν σε επαφή αναμιγνύονται, και ανάμεσά τους σχηματίζεται μία ενδιάμεση ζώνη μεταβλητής πυκνότητας, όπου το αλμυρό νερό ως πυκνότερο θα βρίσκεται προς τα κάτω σε σχέση με το γλυκό νερό. Στον παράκτιο υδροφορέα του Σχήματος 7.2 παρατηρούμε τις περιοχές του αλμυρού και του γλυκού νερού, καθώς και την ενδιάμεση ζώνη μέσης πυκνότητας, που σχηματίζεται, τη ζώνη διασποράς και διάχυσης. Στη ζώνη αυτή το αλμυρό νερό αναμιγνύεται με το γλυκό νερό, το οποίο κινείται προς τη θάλασσα, αναγκάζοντας το αλμυρό νερό να ρέει κατά μήκος της περιοχής ανάμειξης, προκαλώντας έτσι μία επανακυκλοφορία του αλμυρού νερού. Το πάχος της ζώνης αυτής μπορεί να ποικίλει και σε συνθήκες ισορροπίας εξαρτάται από το είδος, τις διαστάσεις και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα, καθώς και την παροχή του γλυκού νερού που εκρέει προς τη θάλασσα.

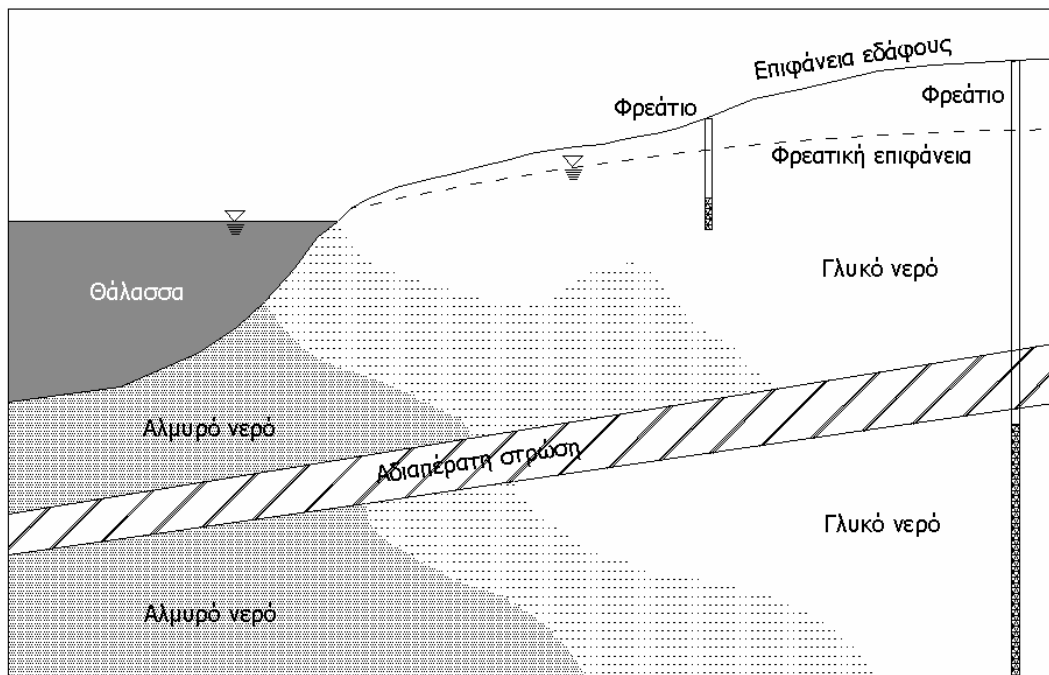
Η επαρκής διαχείριση των υδάτινων πόρων μιας περιοχής προϋποθέτει την ορθή πρόβλεψη, τόσο των αλλαγών στην αλμυρότητα των υδροφορέων που συνδέονται με ένα οποιοδήποτε σχήμα εκμετάλλευσης όσο και τις πηγές προέλευσής της. Η αιτία της υπαλμύρωσης δεν είναι πάντα η θάλασσα. Οι παράκτιες περιοχές φιλοξενούν συνήθως ένα σημαντικό αριθμό πηγών ρύπανσης που η εκδήλωσή τους συνδέεται με διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες (κυρίως αγροτικές και αστικές) και με την παρουσία φυσικών πηγών ρύπανσης. Η κατανόηση της αλληλεξάρτησης ενός υπαλμυρού υπόγειου υδροφορέα με την εντατικοποίηση της εκμετάλλευσής του ή μη απαιτεί την ολοκληρωμένη γνώση του συνόλου του συστήματος, δηλαδή το σύνολο των υδρογεωλογικών συνθηκών. Μερικώς η αλληλεξάρτηση αυτή υπαγορεύεται από τη διάταξη του επιβαρυσμένου νερού στο χώρο και αυτή με τη σειρά της υπαγορεύεται από την πηγή προέλευσής του. Ο καθορισμός της πηγής είναι συνήθως υδροχημικός, ιδιαίτερα στην περίπτωση που η επιβάρυνση του υδροφορέα είναι αποτέλεσμα της θαλάσσιας διείσδυσης.

Η αξία της υδροχημικής διερεύνησης πρέπει οπωσδήποτε να είναι περιορισμένη στην περίπτωση που οι χημικές παρατηρήσεις μπορούν ισομερώς να ερμηνευθούν μέσω δύο ή περισσότερων σειρά διαδικασιών. Κατάκολουθία η ορθή γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής, όπου εντοπίζεται το πρόβλημα της επιβάρυνσης, κρίνεται απαραίτητη για την αξιοποίηση των στοιχείων της υδροχημείας και προς αποφυγή εσφαλμένων συμπερασμάτων όσον αφορά τη προέλευση της επιβάρυνσης.

Στο Σχήμα 7.3 παρουσιάζεται η περίπτωση ενός παράκτιου υδροφόρου συστήματος, το οποίο αποτελείται από έναν υπό πίεση υδροφορέα και έναν υπερκείμενο ελεύθερο υδροφορέα. Οι υδροφορίες διαχωρίζονται από την ύπαρξη μίας πρακτικά αδιαπέρατης στρώσης. Η προώθηση της σφήνας του θαλασσινού νερού και η διαμόρφωση της μεταβατικής ζώνης ενδιάμεσης πυκνότητας επηρεάζονται από τις αντλήσεις και στην περίπτωση του ελεύθερου υδροφορέα παρατηρούμε την χαρακτηριστική ανόρθωση κωνοειδούς μορφής του θαλασσινού νερού (Δουλγέρης Χ. ,2005).



Σχήμα 7.2: Υποθετική κάθετη τομή παράκτιου ελεύθερου υδροφορέα



Σχήμα 7.3: Επίδραση των αντλήσεων σε υποθετικό υδροφόρο σύστημα

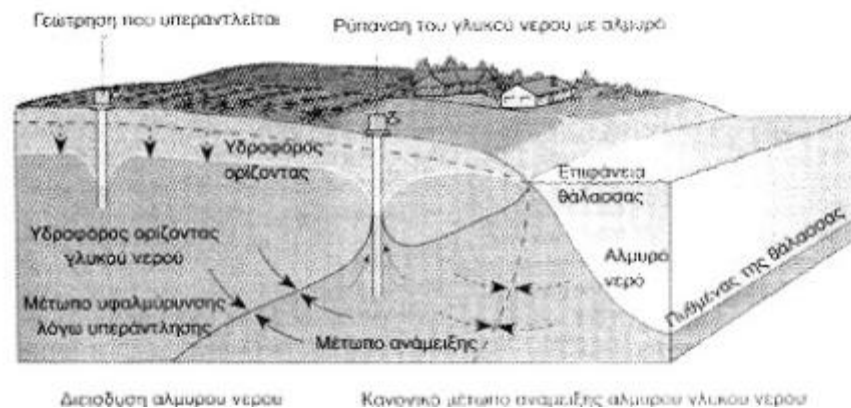
Η υδραυλική ισορροπία που υπάρχει ανάμεσα στο αλμυρό και το γλυκό νερό μπορεί να διαταραχθεί σημαντικά με αποτέλεσμα τη μετακίνηση της “σφήνας” του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα, είτε με μείωση της παροχής του γλυκού νερού προς τη θάλασσα κατά την περίοδο συνεχόμενων ξηρών υδρολογικών ετών, είτε με αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Ένας τρίτος παράγοντας που μπορεί να μεταβάλλει αυτή την ισορροπία είναι η παρατεταμένη άντληση του υπόγειου νερού για την κάλυψη των υδρευτικών, αρδευτικών και άλλων αναγκών, οι οποίες στις παράκτιες περιοχές είναι συνήθως αρκετά μεγάλες.

7.2 Το πρόβλημα της υφαλμύρωσης

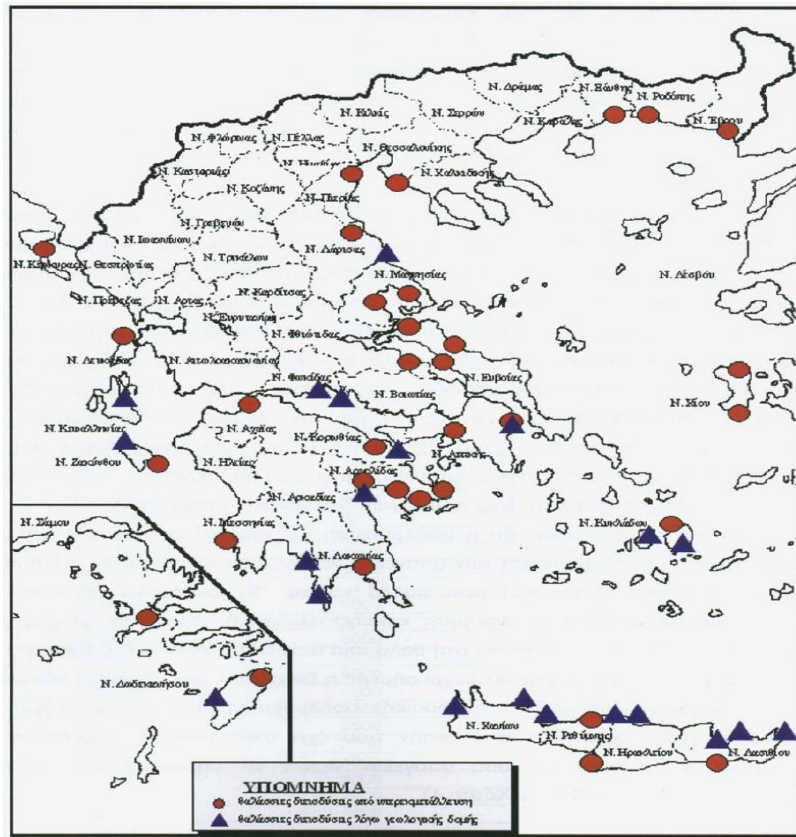
Ως υφαλμύρωση ενός υπόγειου υδροφορέα ορίζεται η εισροή θαλασσινού νερού σε αυτόν με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του, γεγονός που έχει ως άμεσες συνέπειες την ποιοτική καταστροφή των γεωτρήσεων και τη διατάραξη του οικοσυστήματος. Η διείσδυση του θαλασσινού νερού σε παράκτιους υδροφορείς εμφανίζεται ολοένα και περισσότερο σε αρκετά μέρη του κόσμου αλλά και της χώρας μας. Η Ελλάδα, λόγω του μεγάλου μήκους των ακτών της, παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στη διείσδυση θαλασσινού νερού και στο Σχήμα 7.4 εμφανίζονται ενδεικτικά τα σημεία όπου έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο. Στο Σχήμα 7.5 που δίνεται από το Τμήμα Γεωλογίας του ΑΠΘ, εμφανίζονται οι περιοχές εκείνες που θεωρούνται πιο ευαίσθητες στη διείσδυση θαλασσινού νερού.

Το φαινόμενο παρατηρείται σε παράκτιους υδροφορείς, οι οποίοι χρησιμοποιούνται εντατικά για την κάλυψη των αναγκών σε νερό σε περιοχές όπου το αξιοποιήσιμο

επιφανειακό δυναμικό δεν επαρκεί. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα νησιά του Αιγαίου, όπου η αυξημένη τουριστική ανάπτυξη σε συνδυασμό με την ανεπάρκεια υδατικών πόρων καθιστούν αναγκαία την αξιοποίηση του υπόγειου δυναμικού. Στην επαφή αλμυρού και γλυκού νερού δημιουργείται μια μεταβατική ζώνη μεταβαλλόμενης πυκνότητας και ορισμένου πάχους γνωστή ως διεπιφάνεια. Πάνω από αυτή κινείται το ελαφρύτερο γλυκό νερό (ειδικό βάρος περίπου $1,000\text{cm}^3/\text{gr}$) που εξέρχεται προς τη θάλασσα ενώ από κάτω συναντάται το αλμυρό νερό (ειδικό βάρος περίπου $1,025\text{cm}^3/\text{gr}$). Οι υδραυλικές παράμετροι και τα χαρακτηριστικά της υπόγειας ροής στη ζώνη αυτή μεταβάλλονται καθώς αλλάζει η πυκνότητα εξαιτίας της μεταβολής της συγκέντρωσης άλατος. Οι Das and Data (1999) μελέτησαν τη «μικτή» αυτή ροή στη ζώνη μεταβαλλόμενης πυκνότητας μέσω κατάλληλου μοντέλου (Πηγή: Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου ανάλυσης παράκτιων υδροφορέων, Μαντόγλου Α., Κουράκος Γ., 2005).



Σχήμα 7.3: Υφαλμύρωση παράκτιου υδροφορέα



Σχήμα 7.4: Περιοχές εμφάνισης της διείσδυσης του θαλασσινού νερού. (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας, 2002)



Σχήμα 7.5: Περιοχές ευαίσθητες στη διείσδυση του θαλασσινού νερού. (Πηγή: Ιστοσελίδα τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ-<http://www.geo.auth.gr/763>)

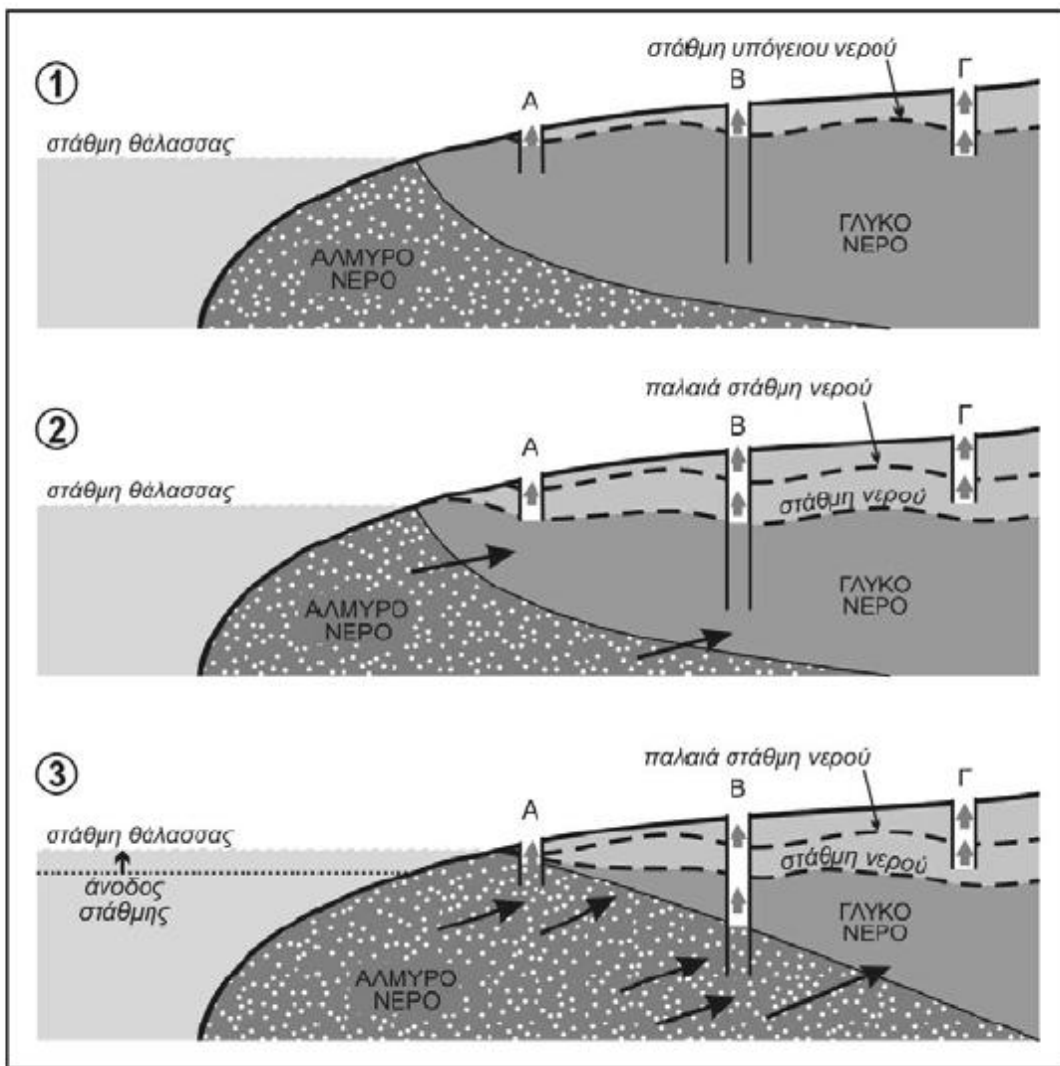
7.3 Είδη υφαλμύρωσης

Η φυσική ισορροπία των παράκτιων υδροφόρων μπορεί να ανατραπεί, όταν η ροή του γλυκού νερού μειώνεται εξαιτίας των υπεραντλήσεων ή της μείωσης στην τροφοδοσία (φυσικό εμπλουτισμό) των υδροφόρων. Έτσι, η διείσδυση του αλμυρού νερού μπορεί να χαρακτηριστεί *παθητική*, αν με οποιοδήποτε τρόπο αλλάζουν οι ποσότητες νερού, που φυσικά τροφοδοτούν τα υπόγεια στρώματα. Οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν άμεσα τη θέση της διεπιφάνειας γλυκού-αλμυρού νερού η οποία μετατοπίζεται προς την ενδοχώρα. Πρέπει να σημειωθεί ότι μικρές αλλαγές θέσης της διεπιφάνειας σημειώνονται με τις εποχιακές ή ετήσιες διακυμάνσεις των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, όπως επίσης και μετά από μακροχρόνιες αλλαγές στον κλιματικό τύπο ή στη σχετική θέση του επιπέδου της θάλασσας.

Χαρακτηρίζεται όμως και *ενεργή*, όταν προκύπτει μετά από τεχνητή παρέμβαση στις διακινούμενες ποσότητες (περίπτωση υπεραντλήσεων). Αυτό οφείλεται κυρίως στη σημειακή εξαγωγή (άντληση) υπόγειου νερού που δημιουργεί ένα βαθύ κώνο κατάπτωσης. Η ζώνη τότε του ορίου, σε αντίθεση με την περίπτωση της παθητικής διείσδυσης, μετακινείται πολύ γρηγορότερα προς την ενδοχώρα και με αλλαγή της υδραυλικής κλίσης. Επιπλέον, η μετακίνηση αυτή δεν θα σταματήσει παρά μόνο όταν φτάσει στο χαμηλότερο σημείο της υδραυλικής κλίσης στο κέντρο της άντλησης.

Δηλαδή, οι υπερβολικές αντλήσεις υπόγειων νερών σε παράκτιους υδροφορείς, σε πολλές περιοχές, προκαλούν μια ανάστροφη ροή των υπόγειων νερών με αποτέλεσμα μια αξιοσημείωτη θαλάσσια διείσδυση στην αντλούμενη περιοχή, όταν η στάθμη υποβιβάζεται κάτω από το επίπεδο της υποθαλάσσιας εμφάνισης της αντλούμενης ενότητας ή εάν η μεταβατική ζώνη ανάμεσα στο γλυκό και στο αλμυρό νερό αποτελεί μέρος του κώνου κατάπτωσης.

Στο Σχήμα 7.6 φαίνεται η υφαλμύρωση του γλυκού νερού που οφείλεται σε υπεράντληση στη στεριά, κατά τα διάφορα στάδια. Αρχικά, στο 1^ο στάδιο υπάρχει ισορροπία μεταξύ αλμυρού και γλυκού νερού, ενώ από τις τρεις γεωτρήσεις Α, Β, και Γ, που υπάρχουν στην ακτή αντλείται αποκλειστικά γλυκό νερό. Στο 2^ο στάδιο η στάθμη του γλυκού νερού έχει κατέβει εξαιτίας της άντλησης από τις τρεις γεωτρήσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αλμυρό νερό να εισχωρεί όλο και περισσότερο στη στεριά, οπότε και σε συνδυασμό με την άνοδο της θάλασσας, στο 3^ο στάδιο αντλείται αποκλειστικά αλμυρό νερό από τις γεωτρήσεις Α και Β.



Σχήμα 7.6: Στάδια του φαινομένου της υφαλμύρωσης λόγω υπεράντλησης (πηγή Βουδούρης κ.α. 2005)

7.4 Αίτια υφαλμύρωσης των υπόγειων νερών

7.4.1 Γενικά

Κύρια αιτία για την υφαλμύρωση των υπόγειων νερών, που στις περισσότερες περιπτώσεις των παράκτιων υπόγειων υδροφορέων είναι δεδομένη από τη φύση, αποτελεί η ύπαρξη χαμηλής πιεζομετρίας, δηλαδή η ανάπτυξη μικρού υδραυλικού φορτίου που αποτελεί την κινητήρια δύναμη των υπόγειων νερών προς τη θάλασσα. Με αυτό το δεδομένο, η όποια φυσική ή ανθρωπογενής δράση που συνεπάγεται περαιτέρω μείωση του υδραυλικού φορτίου αποτελεί αφορμή για ανύψωση της διεπιφάνειας γλυκού-αλμυρού νερού.

7.4.2 Φυσικά αίτια

Κύρια φυσικά αίτια που αποτελούν αφορμές ελάττωσης των υδραυλικών φορτίων των υπόγειων νερών είναι :

7.4.2.1 ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΆΤΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΌ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΚΛΪΜΑΤΟΣ

Είναι σαφές ότι σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής, οτιδήποτε σχετίζεται με το νερό θα γνωρίσει στο μέλλον μεγάλες αλλαγές. Σε κάποιες χώρες το μέσο ύψος της βροχής θα αυξηθεί σημαντικά, όπως αναμένεται να συμβεί στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη, σε άλλες, όπως οι χώρες του τρίτου κόσμου, η ανομβρία θα ενταθεί ενώ στη περιοχή της Μεσογείου, θα αλλάξει η κατανομή των βροχοπτώσεων στο χρόνο, καθώς θα έχουμε συχνότερη εμφάνιση ακραίων φαινομένων. Γεγονός, που για τη χώρα μας σημαίνει ότι στο εξής, ακόμη κι αν δεχόμαστε συνολικά σε ετήσια βάση τα ίδια ύψη βροχής σε σχέση με το παρελθόν, η κατανομή του νερού θα είναι τέτοια, ώστε να μην ευνοεί, όπως παλιά, τον εμπλουτισμό των φυσικών δεξαμενών του νερού. Το έδαφος, ως γνωστό, δεν προλαβαίνει να διηθήσει το νερό, όταν αυτό έρχεται σε μεγάλες ποσότητες και για σύντομα χρονικά διαστήματα, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος του νερού των βροχοπτώσεων μεγάλης έντασης, να απορρέει αναξιοποίητο.

7.4.2.2 ΆΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΆΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΆΛΑΣΣΑΣ

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να προκαλέσει αλλαγή της ροής του αλμυρού νερού εισβάλλοντας στους υπόγειους υδροφορείς. Όπως παρατηρούμε και από το νόμο Ghyben-Herzberg το βάθος του γλυκού νερού (z) εξαρτάται από το h , δηλαδή το ύψος του γλυκού νερού από το μέσο επίπεδο της θάλασσας. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε αύξηση του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας έχει ως συνέπεια τη μείωση της χωρητικότητας του γλυκού νερού στον υδροφόρο και τη μετατόπιση της διεπιφάνειας γλυκού και αλμυρού νερού προς τα πάνω.

7.4.3 Ανθρωπογενή αίτια

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, από το 2000 έως το 2005 οι βροχές ήταν κατά 25% περισσότερες, σε σχέση με το διάστημα 1995-2000 και κατά 62% περισσότερες, σε σχέση με το διάστημα 1990-1995. Ωστόσο, όπως διαπιστώνεται, η θάλασσα εισχωρεί με έντονους ρυθμούς και τα αποθέματα νερού μειώνονται επικίνδυνα από την αλόγιστη χρήση που γίνεται από τις ανθρώπινες δράσεις που προκαλούν ελάττωση των υδραυλικών φορτίων, και είναι κατά κύριο λόγο οι υπεραντλήσεις υπόγειων νερών, καθώς και όλα τα είδη τεχνικών έργων που λειτουργούν αποστραγγιστικά (π.χ. αποστραγγιστικό δίκτυα σε δέλτα ποταμών και σε παραθαλάσσιες πεδινές ζώνες). Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων έργων αποτελούν τα αποστραγγιστικά και αντιπλημμυρικά έργα στο Δέλτα του Νέστου. Ακόμα, τα οποιασδήποτε μορφής ανθρώπινα έργα που προκαλούν ελάττωση της κατείσδυσης από την επιφάνεια του εδάφους, μείωση της διήθησης από τις κοίτες

των ποταμών και χειμάρρων (αντιπλημμυρικά έργα, εγκιβωτισμοί υδατορευμάτων, ασφαλοστρώσεις, φράγματα, τεχνικοί ταμιευτήρες κ.α.).

Προβλήματα δημιουργούνται από την ανάσχεση της υπόγειας ροής, όπως τα τεχνικά έργα (υπόγεια διαφράγματα, βαθιές θεμελιώσεις κ.α.). Επίσης, είναι γνωστό ότι ο πληθυσμός της Γης αυξάνεται κατά 96 εκατομμύρια το χρόνο. Έτσι, έχουν διαμορφωθεί τρία εναλλακτικά σενάρια σχετικά με τη μελλοντική αύξηση του πληθυσμού της Γης. Η πιο πιθανή προοπτική, είναι το 2050 ο πληθυσμός της γης να φτάσει τα 10 δισεκατομμύρια. Ενώ σύμφωνα με την πλέον απαισιόδοξη προοπτική θα φθάσει τα 12,5 δισεκατομμύρια. Οι αριθμοί αυτοί παίρνουν άλλες διαστάσεις, όταν ληφθεί υπόψη ότι το 1930 ο πληθυσμός της Γης δεν ξεπερνούσε τα 2 δις και το 1975 τα 4 δις. Εάν στους προηγούμενους αριθμούς λάβουμε υπόψη και το φαινόμενο της αστυφιλίας, τότε γίνεται αντιληπτό ότι οι απαιτήσεις σε νερό θα είναι ακόμα μεγαλύτερες. Επίσης, οι παράκτιες περιοχές παντού στον κόσμο παρουσιάζουν μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού και πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες. Στην χώρα μας η άνοδος του βιοτικού επιπέδου, η ανάπτυξη και εντατικοποίηση της γεωργίας σε πεδιάδες παραθαλάσσιες συνοδευόμενη από αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων που έγιναν αιτία εμφάνισης νιτρικών αλάτων και άλλων ρυπαντών καθώς και η ανάπτυξη του τουρισμού έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των υδατικών αναγκών σε υπόγειο νερό που οδηγούν σε υπερεκμετάλλευση των υδροφορέων με συνέπεια τον μηδενισμό ή και την αναστροφή των υδραυλικών κλίσεων του και τη διείσδυση του θαλασσινού νερού στους παράκτιους υδροφόρους σχηματισμούς προκαλώντας την υφαλμύρωση των αποθεμάτων που καθίστανται ακατάλληλα για οποιαδήποτε χρήση (Στάμος Κ.,2010).

7.4.4 Γεωλογικά αίτια

Στους παράκτιους καρστικοποιημένους υδροφορείς οι συνθήκες για την εμφάνιση του φαινομένου της υφαλμύρισης είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Η δημιουργία καρστικών φαινομένων συνδέεται με την παρουσία πετρωμάτων τα οποία είναι ευδιάλυτα και αφήνουν ελάχιστο υπόλειμμα με αποτέλεσμα να διευρύνονται τα διάκενα με τη διάλυσή τους οπότε είναι δυνατή η κίνηση του νερού μέσω αυτών στο υπέδαφος. Τέτοια πετρώματα είναι οι εβαπορίτες, τα ανθρακικά, οι ηφαιστίτες, οι χαλαζίτες και οι υπερβασίτες.

7.5 Επιπτώσεις της υφαλμύρωσης

Γενικά το υφάλμυρο νερό χαρακτηρίζεται ακατάλληλο τόσο για άρδευση όσο και για ύδρευση, ενώ αρνητικές είναι και οι επιπτώσεις του στην υγεία των καταναλωτών.

Από υδρευτικής άποψης, για τις περιοχές που είναι τουριστικές, με μεγάλο αριθμό εποχικών επισκεπτών και αυξημένες υδρευτικές απαιτήσεις, που καλύπτονται από τα υπόγεια νερά, το φαινόμενο της ποιοτικής υποβάθμισης των υδροφορέων καθιστά προβληματική και ελλειμματική την ύδρευση. Η έλλειψη αυτή οδηγεί στην αύξηση του κόστους ζωής λόγω των δαπανηρών λύσεων (εμφιαλωμένο νερό, έργα υδροδότησης κ.α.) ή στην υποβάθμιση του βιοτικού επιπέδου των μόνιμων κατοίκων. Αύξηση του κόστους ζωής αλλά και των εγγενών δυσκολιών παρατηρείται και για τους τουρίστες με αποτέλεσμα τη μείωση της δυναμικής οικονομικής εκμετάλλευσης της περιοχής, μείωση της εισροής νέων επενδυτικών κεφαλαίων και του αριθμού των τουριστών, αφού καθίσταται λιγότερο ανταγωνιστική συγκρινόμενη με άλλες τουριστικές περιοχές.

Από αρδευτικής άποψης, τα προβλήματα που προκαλούνται είναι πολλαπλά διότι παρουσιάζεται έλλειψη επαρκούς ποσότητας νερού, λόγω της έλλειψης έργων υποδομής αρδευτικής ανάπτυξης, όπως τα έργα εκμετάλλευσης των επιφανειακών υδατικών πόρων, γεγονός που οδηγεί στην ποσοτικά ελλειμματική άρδευση και στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών με υφάλμυρο ή ακάθαρτο νερό, με αποτέλεσμα την αύξηση της αλατότητας των εδαφών. Το γεγονός αυτό ευθύνεται για τη μείωση της δυναμικότητάς τους, την πτώση της αξίας της γης, την αύξηση του κόστους των παραγόμενων προϊόντων, τη μείωση της ανταγωνιστικότητάς τους, τη μείωση του αριθμού των πωλήσεων, τη μείωση των εισοδημάτων των αγροτών και την υποβάθμιση του βιοτικού τους επιπέδου. Η μείωση της παραγωγικότητας των εδαφών αναγκάζει τους καλλιεργητές είτε να αντισταθμίζουν ποσοτικά (χρησιμοποιώντας περισσότερο νερό) την ποιοτική υποβάθμιση του νερού είτε να χρησιμοποιούν μεγαλύτερα και δραστικότερα βελτιωτικά λιπάσματα. Το γεγονός της αύξησης των εξόδων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του εισοδήματός τους ή, στην προσπάθεια αποκατάστασης των εσόδων τους, την αύξηση της τιμής των προϊόντων που μειώνει την ανταγωνιστικότητά τους. Η εξέλιξη αυτή μπορεί να οδηγήσει τους κατοίκους να επιλέξουν για απασχόλησή τους την τουριστική ανάπτυξη του τόπου τους, η οποία είναι και άμεσα αποδοτική, παρά τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν και όχι την παραδοσιακή γεωργική ανάπτυξη, η οποία και επισφαλής είναι αλλά και απαιτεί μεγάλης κλίμακας έργα για την εξασφάλιση ικανών ποσοτήτων αρδευτικού νερού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ολοένα μεγαλύτερη συρρίκνωση της καλλιεργούμενης γης (περίπου 15% την τελευταία δεκαετία) και την επικράτηση εποχικού χαρακτήρα απασχόλησης.

Τέλος, στις περιπτώσεις όπου στα δίκτυα μεταφοράς το νερό είναι υφάλμυρο, λόγω της μεγάλης διαβρωτικής ικανότητας, προκαλεί σημαντικά προβλήματα στα διάφορα στοιχεία του δικτύου, όπως αύξηση των ρυθμών εμφάνισης βλαβών με επακόλουθη μείωση του χρόνου ζωής τους, αύξηση των απωλειών λόγω διαρροής, μείωση της παροχетеυτικής ικανότητας των αγωγών, αύξηση του λειτουργικού κόστους συντήρησης

του δικτύου και του βαθμού αξιοπιστίας και διαθεσιμότητάς του (Θεοδωρακόπουλος, 2009).

7.6 Μέτρα προστασίας - αντιμετώπισης της υφαλμύρωσης

7.6.1 Γενικά

Ο έλεγχος της θαλάσσιας διείσδυσης απαιτεί ικανοποιητική γνώση των υδραυλικών συνθηκών του υδροφόρου και της πηγής του αλμυρού νερού. Η γνώση της έκτασης ενός προβλήματος υφαλμύρωσης και η εκτίμηση της συμπεριφοράς του αλμυρού νερού κάτω από διαφορετικές συνθήκες εμπλουτισμού και εκφόρτισης είναι αναγκαία, έτσι, ώστε να είναι αποτελεσματική η διαχείριση του προβλήματος.

Η βέλτιστη λύση στο πρόβλημα της θαλάσσιας διείσδυσης είναι η παρεμπόδιση της με τη ρύθμιση του υδροφόρου, ώστε η σφήνα του θαλάσσιου νερού (πόδι της διεπιφάνειας) να ελέγχεται σε έναν αποδεκτό βαθμό. Όμως, σε πολλές περιπτώσεις το πρόβλημα αποτελεί "κληρονόμημα" του παρελθόντος και η προσπάθεια δεν μπορεί παρά να επικεντρωθεί στην ελαχιστοποίηση της περαιτέρω θαλάσσιας διείσδυσης ή/και στη μείωση της έκτασης του υφιστάμενου αλμυρού νερού. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο υδροφόρος μπορεί να είναι ρυπασμένος σε τέτοιο βαθμό, ώστε η ανάκτησή του να μην μπορεί να είναι εφικτή κάτω από συνθήκες τεχνητού εμπλουτισμού. Στις περιπτώσεις αυτές η εγκατάλειψη της χρήσης του υδατικού πόρου για ύδρευση είναι η μόνη λύση, παρά το γεγονός ότι το νερό μπορεί να χρησιμοποιείται ακόμη σε ορισμένες βιομηχανικές και γεωργικές εφαρμογές.

Στην περίπτωση που πολλά βαθιά υδροφόρα συστήματα αποτελούνται από επάλληλους υδροφόρους σε εναλλαγές με βραδυϋδροφόρα, τότε οι βαθύτεροι αυτοί υπό πίεση υδροφόροι αξιοποιούνται συχνά όταν οι ανώτεροι υδροφόροι έχουν ρυπανθεί από θαλάσσια διείσδυση. Όμως, εδώ εγκυμονεί ο κίνδυνος διαρροής από τον υπερκείμενο υδροφόρο, καθώς αυξάνουν οι διαφορές στο υδραυλικό φορτίο. Μια δυναμική απειλή για την ποιότητα του νερού στον υποκείμενο υδροφόρο εμφανίζεται στις περιπτώσεις εκείνες που οι γεωτρήσεις χαρακτηρίζονται από κακοτεχνίες. Οι γεωτρήσεις αυτές μπορεί να παρέχουν μια διαδρομή μεταβίβασης αλμυρού νερού από τον υπερκείμενο προς τον υποκείμενο υδροφόρο.

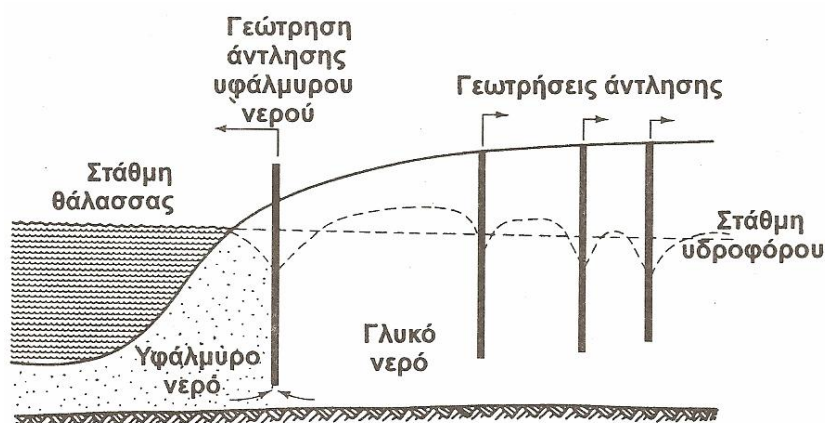
Οι μέθοδοι ελέγχου της θαλάσσιας διείσδυσης συνήθως έχουν εφαρμοστεί ή μελετηθεί σοβαρά μόνο σε περιοχές όπου οι υπεραντλήσεις του νερού προκάλεσαν την πτώση της στάθμης των υδροφόρων κάτω από το μέσο επίπεδο της θάλασσας. Σε πολλές περιοχές με σοβαρές υπεραντλήσεις, οι υδροφόροι δεν έχουν ακόμα απολέσει την ιδιότητά τους ως πηγές νερού και αυτό οφείλεται στην πολύ μικρή ταχύτητα κίνησης του αλμυρού νερού. Οι υπεύθυνοι φορείς των περιοχών αυτών βέβαια πρέπει να λύσουν το πρόβλημα, γιατί αν το αλμυρό νερό εισβάλλει στον υδροφόρο τότε απαιτούνται

εκατοντάδες χρόνια για την επαναφορά του υδροφόρου στα επίπεδα εκείνα πριν την εκμετάλλευσή του.

Διάφοροι φραγμοί ελέγχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρεμπόδιση ή την επιβράδυνση της θαλάσσιας διείσδυσης μέσα στον υδροφόρο, όπως :

7.6.2 Φραγμοί άντλησης

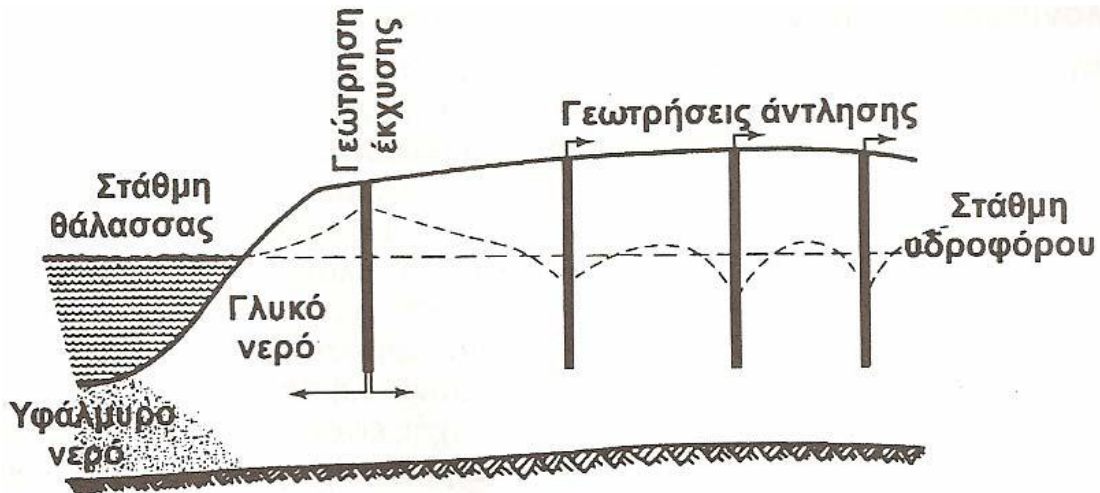
Οι φραγμοί ή κοιλώματα άντλησης δημιουργούνται από συνεχείς αντλήσεις κατά μήκος μιας γραμμής γεωτρήσεων πολύ κοντά στη ακτογραμμή, με αποτέλεσμα το γλυκό νερό να ρέει προς τη θάλασσα. Το αντλούμενο νερό είναι υφάλμυρο και ρίχνεται στη θάλασσα. (σχήμα 7.7).



Σχήμα 7.7 : Δημιουργία υδραυλικής τάφρου με άντληση υφάλμυρου νερού η οποία εμποδίζει τη θαλάσσια διείσδυση

7.6.3 Φραγμοί εμπλουτισμού (έγχυσης) γλυκού νερού

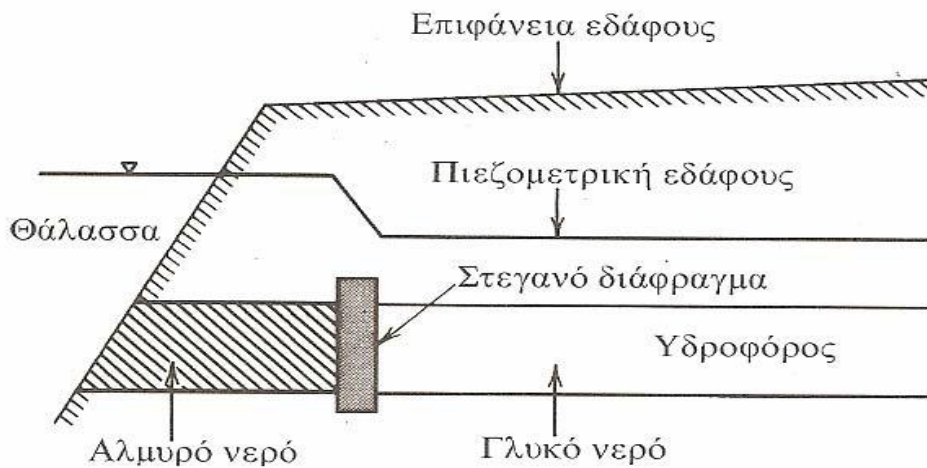
Φραγμοί εμπλουτισμού σχηματίζονται από γεωτρήσεις εμπλουτισμού ή έγχυσης (injection well) με σκοπό τη διατήρηση ενός υβώματος πίεσης κατά μήκος της ακτογραμμής. Εδώ γλυκό νερό εγχέεται μέσα στον υδροφόρο με τη βοήθεια μιας γραμμής γεωτρήσεων παράλληλα προς την ακτή, αφού το νερό εμπλουτισμού ρέει τόσο προς την ενδοχώρα όσο και προς τη θάλασσα (Σχήμα 7.8). Το δημιουργούμενο ύβωμα προστατεύει τον υδροφόρο από τη θαλάσσια διείσδυση. Ο κατάλληλος σχεδιασμός των αποστάσεων μεταξύ των γεωτρήσεων και η επιλογή των θέσεων θα διασφαλίσει ότι το νερό της θάλασσας δεν θα βρει διέξοδο μεταξύ των φραγμών για να διεισδύσει ή να κινηθεί κατακόρυφα. Γενικά, απαιτείται μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων, που έχουν υψηλό κόστος συντήρησης και το πιο σημαντικό μια πηγή γλυκού νερού υψηλής ποιότητας.



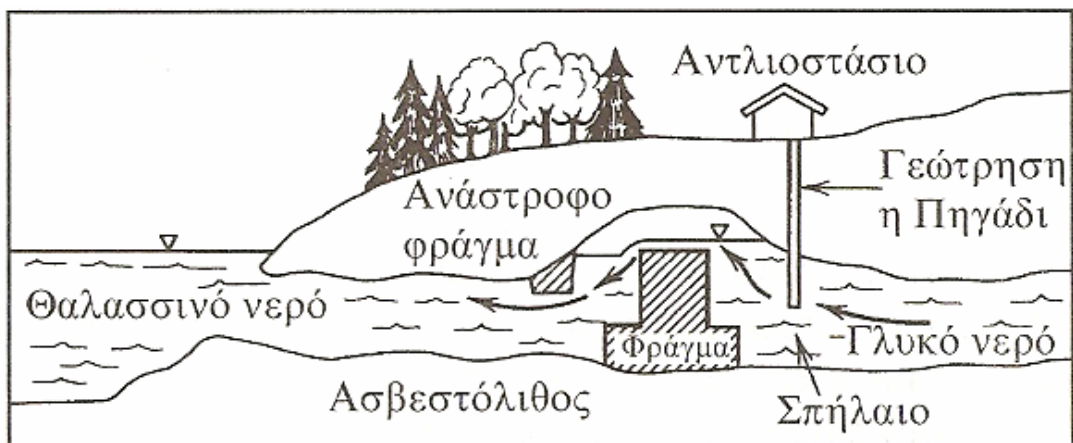
Σχήμα 7.8: Δημιουργία υδραυλικού φραγμού με τεχνητό εμπλουτισμό για την πρόληψη αλμύρισης παράκτιου υδροφόρου

7.6.4 Τεχνητοί υπόγειοι φραγμοί

Η δημιουργία τεχνητών υπόγειων φραγμών, σε όλη την έκταση του υδροφόρου και παράλληλα προς την ακτογραμμή, περιλαμβάνει την κατασκευή κουρτίνας από πασσαλοσανίδες ή την κατασκευή τάφρων από άργιλο ή την έγχυση αδιαπέρατων υλικών μέσω γεωτρήσεων όπως μπετονίτη, υδατοστεγανή άργιλο και ρευστοκονίαμα από τσιμέντο (Σχήματα 7.9 και 7.10).



Σχήμα 7.9: Αντιμετώπιση θαλάσσιας διείσδυσης με την κατασκευή στεγανού υπόγειου διαφράγματος, παράλληλο στη ακτή



Σχήμα 7.10: Σχηματικό διάγραμμα ενός υπόγειου διαφράγματος για την παρεμπόδιση ανάμιξης γλυκού και αλμυρού νερού

7.6.5 Έλεγχος αντλήσεων

Στην περίπτωση που ο υδροφόρος υπέρκειται ενός αλμυρού ρευστού, η άνοδος του αλμυρού ρευστού μπορεί να περιοριστεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό και λειτουργία των γεωτρήσεων. Οι γεωτρήσεις θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν αβαθείς και να αντλούνται με μικρές ομοιόμορφες παροχές. Ένα σύστημα πολλαπλών γεωτρήσεων με μικρές επί μέρους παροχές θα ήταν προτιμότερο από μια γεώτρηση υψηλής παροχής. Μία εναλλακτική μέθοδο αποτελεί η κατασκευή μιας στοάς διήθησης, δηλαδή μιας οριζόντιας γεώτρησης, η οποία βοηθά στη μείωση της ανοδικής κίνησης του αλμυρού νερού που είναι αποτέλεσμα υπεράντλησης από μια κατακόρυφη γεώτρηση.

Οι ρυθμοί των απολήψεων μπορούν να μειωθούν όταν η ζήτηση σε νερό μειώνεται. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη λήψη μέτρων, όπως :

- Πληροφόρηση του ευρύτερου κοινού και του τομέα της βιομηχανίας για την ανάγκη οικονομίας στο νερό και, αν είναι αναγκαίο, απαγόρευση ορισμένων χρήσεων.
- Μείωση των απωλειών από συστήματα μεταφοράς και διάθεσης του νερού οι οποίες μπορεί να είναι σημαντικές.
- Ανακύκλωση του νερού βιομηχανικών διαδικασιών μετά από κατάλληλη επεξεργασία πριν από τις διαδοχικές χρήσεις.
- Επαναχρησιμοποίηση υποβαθμισμένων σε ποιότητα νερών, μετά από κάποια επεξεργασία, για άλλες χρήσεις, όπως ψύξη, άρδευση και έγχυση στο υπέδαφος για τη διατήρηση ενός φραγμού παρεμπόδισης της θαλάσσιας διείσδυσης.
- Μείωση των απαιτήσεων σε νερό άρδευσης μέσω της επιλογής μη υδροβόρων καλλιεργειών και εφαρμογή τεχνικών άρδευσης, με μικρή κατανάλωση σε νερό, όπως η στάγδην άρδευση και η επένδυση των καναλιών.

7.6.6 Ανακατανομή αντλήσεων

Η επανατοποθέτηση των γεωτρήσεων άντλησης στην ενδοχώρα μπορεί να βοηθήσει στην αποκατάσταση της εκροής του γλυκού υπόγειου νερού. Σύμφωνα με τους Headworth και Fox (1986), μερικά σχέδια μείωσης των επιπτώσεων της θαλάσσιας διείσδυσης χρησιμοποιούν δύο ομάδες γεωτρήσεων, η μία στην ενδοχώρα και η άλλη πλησίον της ακτής. Οι παράκτιες γεωτρήσεις αντλούνται σε περιόδους με υψηλές στάθμες υπόγειου νερού ενώ οι γεωτρήσεις της ενδοχώρας χρησιμοποιούνται σε περιόδους με χαμηλές στάθμες υπόγειου νερού.

7.6.7 Τροποποιημένα σχέδια αντλήσεων

Είναι φανερό ότι ιδιαίτερα στους υπό πίεση υδροφόρους, η θέση μιας γεώτρησης πιο κοντά στην ενδοχώρα είναι πιο επιθυμητή από μια θέση κοντά στην ακτή και αυτό επειδή το πάχος του γλυκού φακού είναι σημαντικά μεγαλύτερο και ο κίνδυνος της ανοδικής κίνησης αλμυρού νερού είναι μικρότερος. Η τοποθέτηση των υδρομαστευτικών έργων στην ενδοχώρα επιτρέπει περαιτέρω προώθηση της αλμυρής σφήνας μέχρι την τελική σταθερή θέση της έτσι, που να επιτρέπει μικρότερο μεν ρυθμό συνεχόμενων αντλήσεων, αλλά και ελαχιστοποίηση του κινδύνου περαιτέρω διείσδυσης της αλμυρής σφήνας. Σε φρεάτιους υδροφόρους νησιών, τα υδρομαστευτικά έργα πρέπει να τοποθετούνται σε τόσο μικρή απόσταση από την ακτογραμμή, ώστε να γίνεται απόληψη της μέγιστης δυνατής ποσότητας από τον εμπλουτισμό του υδροφόρου πριν την εκροή της ποσότητας αυτής στην ακτογραμμή.

Επίσης, δε θα πρέπει η απόσταση αυτή να είναι τόσο μικρή, ώστε το πάχος του υδροφόρου να είναι πολύ μικρό δημιουργώντας έτσι κινδύνους για ανοδική κίνηση του αλμυρού νερού. Η τοποθέτηση των υδρομαστευτικών έργων πιο μακριά από την ακτή, προς την ενδοχώρα, θα οδηγούσε μικρότερο διαθέσιμο όγκο γλυκού νερού, που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν απόθεμα για περιόδους ξηρασίας. Για ελεύθερους ή υπό πίεση υδροφόρους με καθεστώς μέτριων αντλήσεων, μπορεί να σχεδιαστεί συντονισμένη παύση των αντλήσεων σε ορισμένες γεωτρήσεις.

Η αποτελεσματικότητα του τροποποιημένου σχεδίου άντλησης ποικίλλει, ανάλογα με το ρυθμό εμπλουτισμού, τον ρυθμό των αντλήσεων, την καθαρή υπεράντληση, τη στάθμη του υπόγειου νερού, τη γεωμετρία του υδροφόρου και του υφιστάμενο βαθμό της θαλάσσιας διείσδυσης. Το μέτρο αυτό οδηγεί και στη μείωση των απωλειών του γλυκού νερού μέσω μη ελεγχόμενων εκροών.

7.6.8 Τεχνικές αφαλάτωσης

Οι διάφορες τεχνικές που εφαρμόζονται σήμερα, ουσιαστικά βοηθούν στη διατήρηση των υπαρχόντων διαθέσιμων υδατικών πόρων, ενώ οι τεχνικές αφαλάτωσης μπορούν να παράγουν ανανεωμένο νερό από μη χρησιμοποιημένο νερό. Σύμφωνα με τη Διεθνή

Ένωση Αφαλάτωσης, σήμερα λειτουργούν περίπου 13.600 μονάδες αφαλάτωσης σε παγκόσμια κλίμακα, οι οποίες παράγουν περίπου $25,744 \times 10^6 \text{ m}^3$ γλυκού νερού σε ημερήσια βάση.

7.6.9 Άμεση διάθεση επιφανειακού νερού σε αντικατάσταση χρήσης του υπόγειου νερού

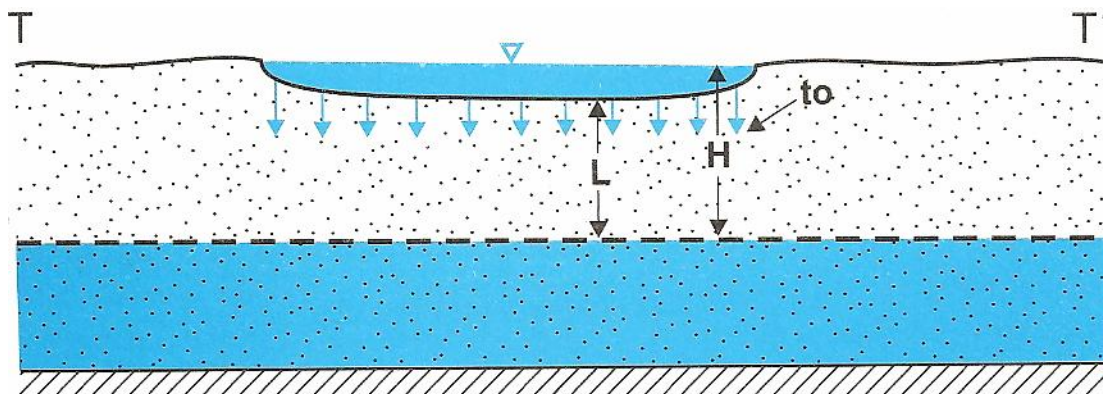
Η κάλυψη των διαφόρων αναγκών μιας περιοχής από επιφανειακές πηγές νερού σε αντικατάσταση των αντλούμενων ποσοτήτων υπόγειου νερού, θα επέτρεπε την αποκατάσταση των φυσικών συνθηκών λειτουργίας του υδροφόρου, ενώ η άνοδος της στάθμης του υπόγειου νερού θα επιβράδυνε την οποιαδήποτε υφιστάμενη προώθηση της θαλάσσιας διείσδυσης και ορισμένες περιπτώσεις θα προκαλούσε ακόμη και την υποχώρηση του αλμυρού μετώπου.

7.6.10 Τεχνητός εμπλουτισμός

Σε περιπτώσεις παράκτιων περιοχών όπου επαρκείς ποσότητες γλυκού νερού είναι διαθέσιμες για εμπλουτισμό σε εποχές υψηλών βροχοπτώσεων, το πλεονάζον νερό θα μπορούσε με διαδικασίες τεχνητού εμπλουτισμού να εμπλουτίζει τους υδροφόρους, να ανυψώνει τα επίπεδα της στάθμης των και να εμποδίζει τη θαλάσσια διείσδυση. Οι προϋποθέσεις του τεχνητού εμπλουτισμού είναι :

- να υπάρχει επιφανειακό νερό σε επαρκή ποσότητα.
- η ποιότητα του επιφανειακού νερού να είναι κατάλληλη και χημικά συμβατή με αυτήν του υπόγειου νερού.
- να υπάρχουν κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες (επιφάνειες με μεγάλη περατότητα, υδροφόρα στρώματα σε με αλληλουχία και υδραυλική διασύνδεση).
- το κατασκευαστικό και το λειτουργικό κόστος να μην είναι ασύμφορα.

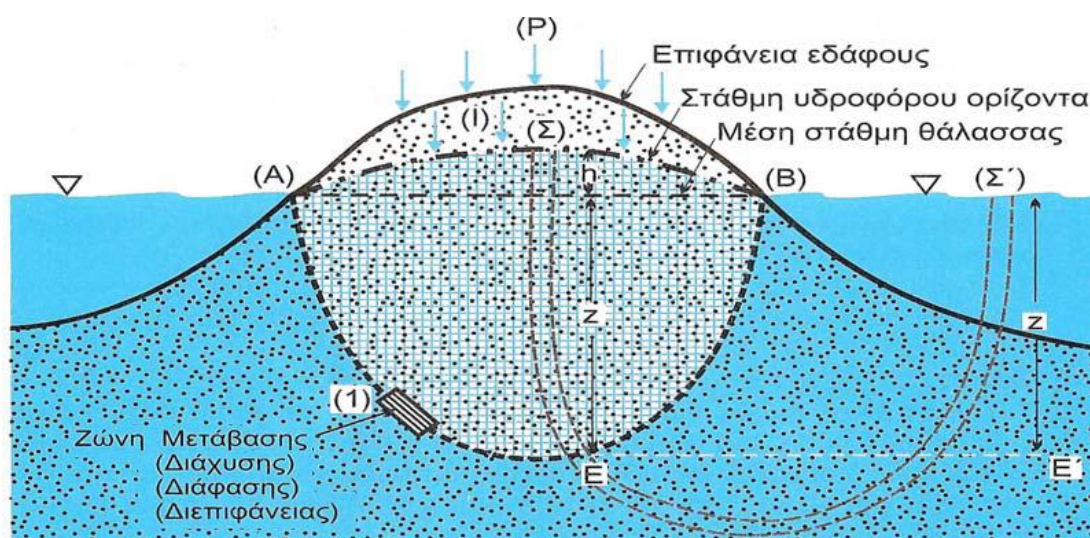
Τα μειονεκτήματα του τεχνητού εμπλουτισμού είναι : α) ότι απαιτείται συνεχής και συστηματική παρακολούθηση των συστημάτων του και β) υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης-ρύπανσης του υπόγειου νερού, αν, έστω και επεισοδιακά, χρησιμοποιηθεί μολυσμένο-ρυπασμένο νερό και γ) η ελάττωση του ενεργού πορώδους εξαιτίας της έμφραξης των πόρων του υδροφορέα.



Σχήμα 7.11: Τεχνητός εμπλουτισμός με τη μέθοδο του πλημμυρισμού επιφανειών

7.7 Επαφή γλυκού-αλμυρού νερού

Για να απλοποιήσουμε την κατάσταση δεχόμαστε ότι έχουμε ένα στρογγυλό νησί δομημένο γεωλογικά και με ομοιόμορφο περατό υλικό. Τότε το νερό της κατείσδυσης θα σχηματίζει ένα υδροφόρο στρώμα από γλυκό νερό. Επειδή το γλυκό νερό της κατείσδυσης (που προέρχεται από τη βροχή) είναι ελαφρύτερο, αφού έχει ειδικό βάρος περίπου $1,000 \text{ gr/cm}^3$ ενώ το θαλασσινό νερό περίπου $1,025 \text{ gr/cm}^3$, θα επιπλέει πάνω από το θαλασσινό νερό σαν ένα παγόβουνο, όπως στο σχήμα 5.10. Δηλαδή, το γλυκό νερό του υδροφόρου θα επιπλέει πάνω από το θαλασσινό που θα υπόκειται και θα βρίσκεται σε βαθύτερα τμήματα του υπεδάφους, όπως συμβαίνει με δύο μη μιγνυόμενα υγρά. Όμως, η επαφή αυτή του γλυκού νερού δε γίνεται με μια απλή γραμμή, με μια επιφάνεια, αλλά με μια ζώνη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.12, που στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως ζώνη διεπιφάνειας, ή ζώνη διάφασης, ή ζώνη διάχυσης, ή ζώνη μετάβασης.



Σχήμα 7.12 :Επαφή γλυκού – αλμυρού νερού

7.8 Τρόποι προσέγγισης του φαινομένου

Δύο είναι οι γενικοί τρόποι προσέγγισης του φαινομένου της διείσδυσης του θαλασσινού νερού μέσα στους παράκτιους υδροφορείς που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία : ο τρόπος της διεσπαρμένης διεπιφάνειας (η γνωστή στην ξένη βιβλιογραφία σαν *disperse interface*) και ο τρόπος της οξείας διεπιφάνειας (ή *sharp interface*). Σύμφωνα με την πρώτη η διεπιφάνεια αναπαριστά την παρουσία μιας μεταβατικής ζώνης σημαντικής έκτασης όπου λαμβάνει χώρα ανάμειξη γλυκού και αλμυρού νερού εξαιτίας της υδροδυναμικής διασποράς. Η δεύτερη αποδέχεται της παρουσία αυτής της ζώνης, την οποία όμως θεωρεί αμελητέας έκτασης συγκρινόμενη με τις διαστάσεις του υδροφορέα, οπότε την αναπαριστά σαν γραμμικό όριο μεταξύ των δύο υγρών.

Η προσομοίωση της μεταβατικής ζώνης που διαχωρίζει τα δύο υγρά απαιτεί ταυτόχρονη λύση των εξισώσεων ροής καθώς και αυτών της μεταφοράς διαλυμένων ουσιών για τα συντηρητικά χημικά στοιχεία. Ο μεγάλος υπολογιστικός φόρτος όμως που απαιτείται για τη λύση προβλημάτων μεταφοράς που εξαρτώνται από την πυκνότητα, έχει περιορίσει τις περισσότερες λύσεις σε δυσδιάστατες κάθετες τομές.

Η προσέγγιση της οξείας διεπιφάνειας, σε αντίθεση με την προηγούμενη προσέγγιση, διευκολύνει τη μελέτη των παράκτιων συστημάτων. Όταν λοιπόν η μεταβατική ζώνη είναι μικρή σε σχέση με το πάχος του υδροφορέα, τότε χωρίς μεγάλο σφάλμα μπορούμε να δεχτούμε ότι το γλυκό και το θαλασσινό νερό διαχωρίζονται από μια σαφή διεπιφάνεια, δηλαδή ότι τα δύο υγρά είναι μη μίγνυόμενα. Τα μοντέλα αυτού του τύπου συνενώνουν τις δύο περιοχές ροής (θαλασσινού και γλυκού νερού) μέσω της οριακής συνθήκης διεπιφάνειας που στηρίζεται στη συνέχεια της ροής και της πίεσης. Σε τρεις διαστάσεις αυτή η οριακή συνθήκη παρουσιάζει υψηλή μη γραμμικότητα, αλλά θεωρώντας οριζόντια ροή και ολοκληρώνοντας τις εξισώσεις ως προς την κατακόρυφο το πρόβλημα απλοποιείται.

Κάθε μία από τις δύο προσεγγίσεις (οξείας και διεσπαρμένης επιφάνειας) έχει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της και μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες. Η προσέγγιση της διεσπαρμένης επιφάνειας είναι κατάλληλη για περιοχές όπου η μεταβατική ζώνη είναι πλατιά. Αριθμητικές αστάθειες και λάθη εμφανίζονται όταν επιχειρείται προσομοίωση σε περιοχές όπου η μεταβατική ζώνη είναι στενή, ειδικά δε όταν η ζώνη αυτή προσεγγίζει την οξεία διεπιφάνεια.

Η προσέγγιση της οξείας διεπιφάνειας, σε συνδυασμό με την ολοκλήρωση των εξισώσεων ροής ως προς την κάθετο εφαρμόζεται συνήθως σε εκτεταμένες περιοχές. Αυτή η προσέγγιση δε δίνει πληροφορίες για τη φύση της μεταβατικής ζώνης. Πάντως, αναπαράγει την υδροδυναμική κατάσταση του συστήματος και τις αντιδράσεις του σε εξωτερικές επιδράσεις. Οι Volker και Rushton (1982) συνέκριναν τις λύσεις για μόνιμες

ροές και για τις δύο προσεγγίσεις και έδειξαν ότι όσο ο συντελεστής διασποράς μικραίνει τόσο οι δύο λύσεις προσεγγίζουν η μία την άλλη.

7.9 Στατική ισορροπία διεπιφάνειας : νόμος των Ghyben και Herzberg

Η προσέγγιση των Ghyben-Herzberg αποτελεί μία απλή αναλυτική λύση εντοπισμού της θέσης της διεπιφάνειας γλυκού-αλμυρού νερού. Αν και έχει βρεθεί-αποδειχθεί πάνω από έναν αιώνα πριν, παραμένει ακόμα γενικώς παραδεκτή και τα αποτελέσματά της θεωρούνται μία έγκυρη προσέγγιση του φαινομένου.

Περισσότερο από έναν αιώνα πριν, οι Badon-Ghyben (1888) και Herzberg (1901) ανεξάρτητα βρήκαν ότι η στάθμη του θαλάσσιου νερού στο έδαφος δε βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσας, αλλά κάτω από αυτό, 40 περίπου φορές τη διαφορά στάθμης του γλυκού νερού από το επίπεδο της θάλασσας. Η σχέση αυτή, γνωστή με το όνομα Ghyben-Herzberg, προκύπτει από την υδροστατική ισορροπία μεταξύ αλμυρού και γλυκού νερού. Η αλάτινη σφήνα θεωρείται ακίνητη, η πίεση στη διεπιφάνεια είναι κοινή και για τις δύο περιοχές και θεωρείται ότι ισχύει η γνωστή παραδοχή Dupuit. Ορίζοντας h_f το ύψος γλυκού νερού πάνω από τη στάθμη της θάλασσας και h_s τη θέση της διεπιφάνειας αλμυρού-γλυκού νερού κάτω από αυτήν και γ_f , γ_s τα ειδικά βάρη γλυκού και αλμυρού νερού αντίστοιχα και δ το λόγο $\gamma_f/(\gamma_s-\gamma_f)$, ισχύει:

$$h_s \gamma_s = (h_f + h_s) \gamma_f \Rightarrow h_s = \frac{\gamma_f}{\gamma_s - \gamma_f} h_f \equiv \delta h_f$$

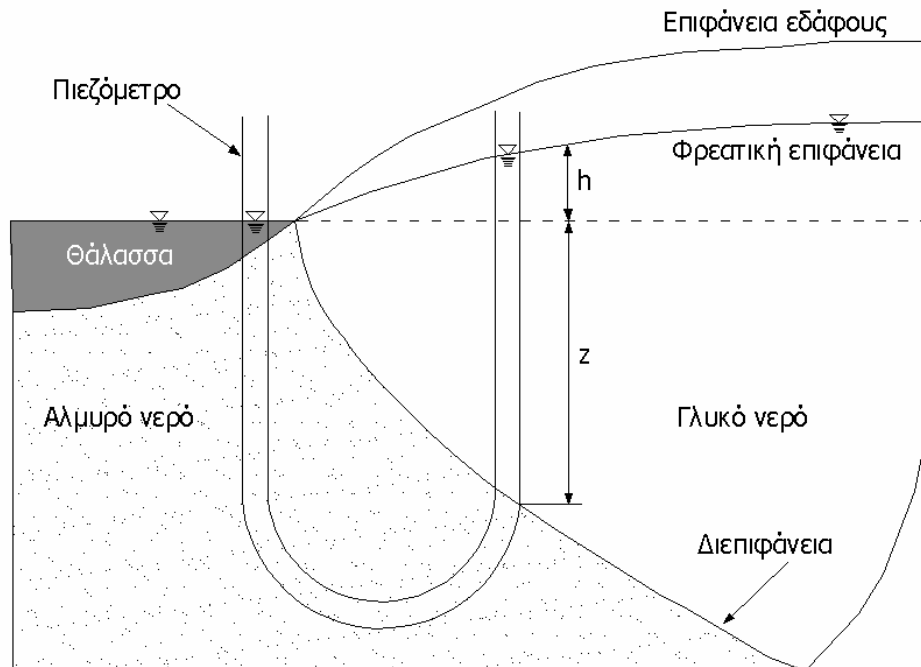
Η σχέση αυτή επιτρέπει τον υπολογισμό της θέσης της διεπιφάνειας μόνο από τη στάθμη του γλυκού νερού στα φρέατα παρατήρησης. Για $\rho_f=1,000 \text{ gr/cm}^3$ και $\rho_s=1,025 \text{ gr/cm}^3$, υπολογίζεται ότι: $h_s=40h_f$ (Νάνου –Γιάνναρου,2006).

Η χρήση της εξίσωσης Ghyben - Herzberg επιτρέπει την εύρεση της θέσης της διεπιφάνειας αλμυρού-γλυκού νερού, ως εξής:

- Με βάση παρατηρήσεις από φρέατα της περιοχής, κατασκευάζεται ο πιεζομετρικός χάρτης του υδροφορέα για το γλυκό νερό.
- Τα πιθανά βάθη της διεπιφάνειας υπολογίζονται από την προαναφερθείσα εξίσωση, άρα ισχύει ο ίδιος πιεζομετρικός χάρτης πολλαπλασιασμένος με διαφορετικό συντελεστή.
- Από τη γεωλογική μελέτη είναι γνωστή η θέση του πυθμένα του υδροφορέα.

- Η τομή των δύο επιφανειών, της διεπιφάνειας αλμυρού-γλυκού νερού και της βάσης του υδροφορέα, αποτελεί το πόδι της αλάτινης σφήνας.

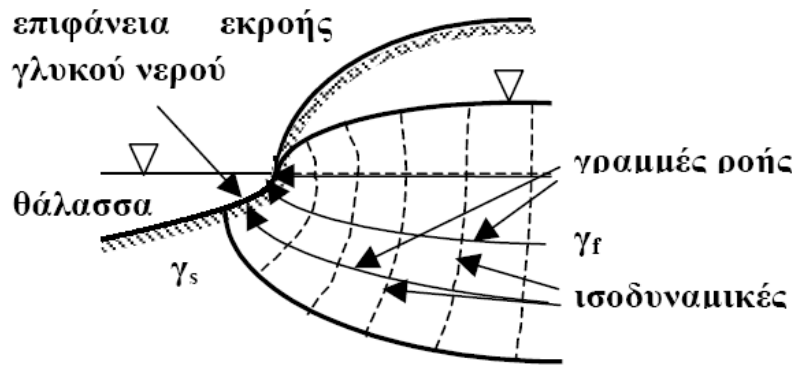
Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί για περιοσμένους και φρεάτιους υδροφορείς (Νάνου –Γιάνναρου,2006).



Σχήμα 7.13: Προσέγγιση Ghyben-Herzberg

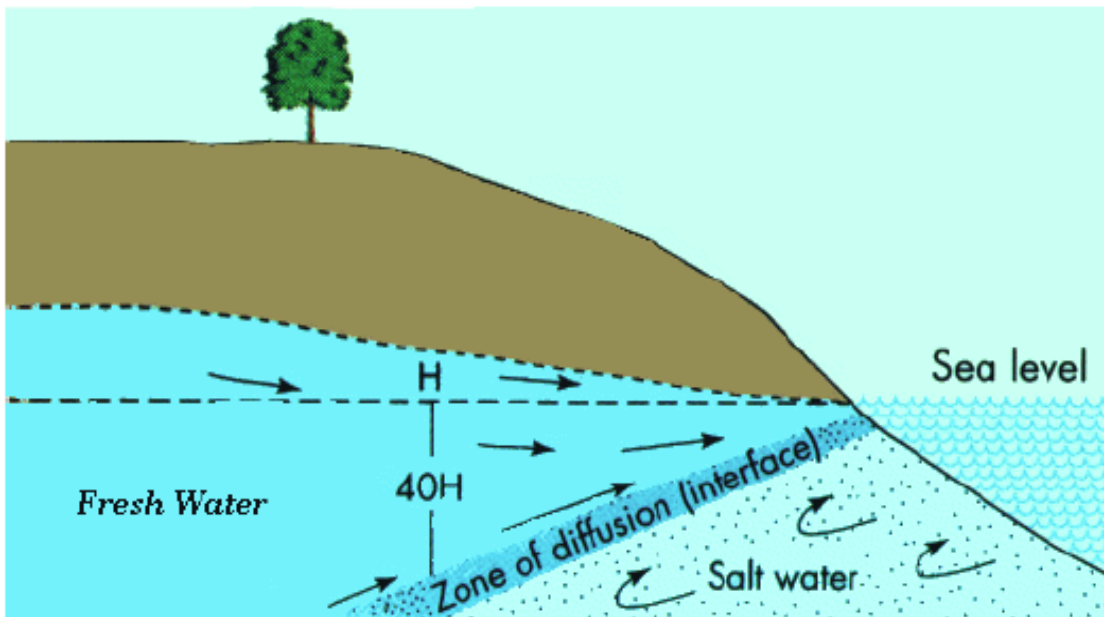
Η πραγματική εικόνα της διεπιφάνειας ωστόσο είναι διαφορετική από αυτή που παρουσιάζεται στην προσέγγιση Ghyben – Herzberg, αφού:

- Δεν ισχύει η παραδοχή της οριζόντιας ροής. Υπάρχουν σημαντικές κατακόρυφες συνιστώσες ταχυτήτων.
- Η προσέγγιση Ghyben-Herzberg δεν επιτρέπει τον υπολογισμό επιφάνειας από την οποία πραγματοποιείται διέξοδος γλυκού νερού προς τη θάλασσα.
- Η διεπιφάνεια αλμυρού-γλυκού νερού συνήθως δεν είναι ακίνητη, αλλά κινείται προς το εσωτερικό του υδροφορέα.
- Η προσέγγιση Ghyben-Herzberg δεν μπορεί να προβλέψει στην περίπτωση φρεατίων υδροφορέων την επιφάνεια διήθησης (Νάνου – Γιάνναρου,2006).



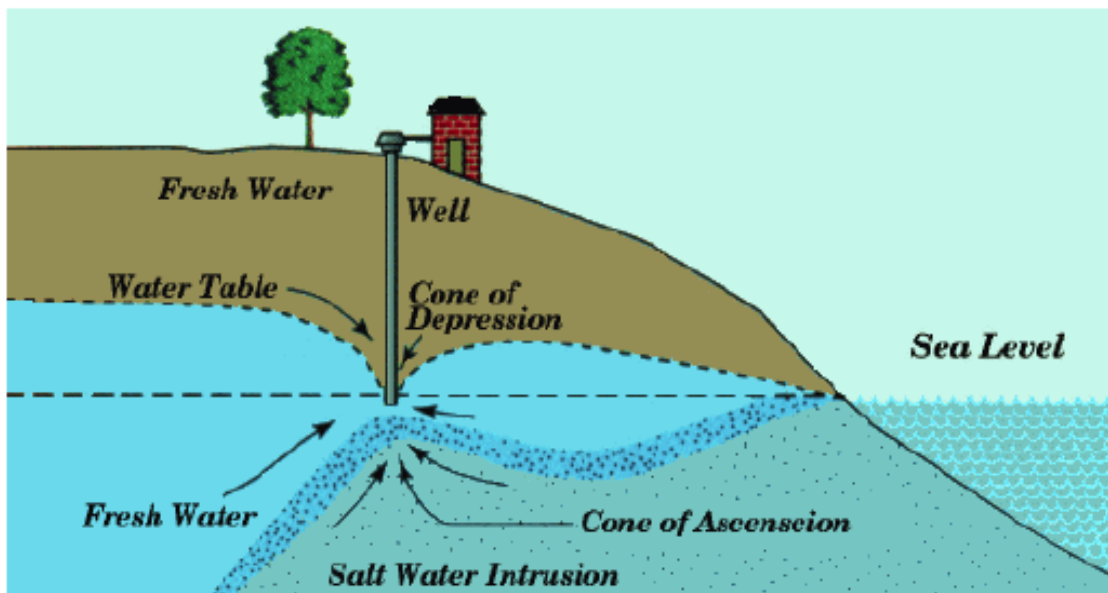
Σχήμα 7.14: Η πραγματική εικόνα της διεπιφάνειας

Στα Σχήματα 7.15 και 7.16 φαίνεται η επαφή του γλυκού με το αλμυρό νερό στη ζώνη της διεπιφάνειας και η άντληση υφάλμυρου νερού από γεώτρηση κοντά στην ακτή λόγω διείδυσης της θάλασσας στους παράκτιους υπόγειους υδροφορείς, αντίστοιχα, σύμφωνα με το νόμο των Ghyben-Herzberg.



Σχήμα 7.15: Επαφή γλυκού με αλμυρό νερό

Με τον τρόπο αυτό γίνεται κατανοητό πως, εάν υπάρξει μία πτώση στάθμης μέχρι το επίπεδο της θάλασσας, τότε η τιμή του h θα είναι μηδενική και κατ' επέκταση το βάθος z του γλυκού νερού θα είναι και αυτό μηδενικό, δηλαδή θα υπάρχει μόνο θαλασσινό νερό.



Σχήμα 7.16: Η άντληση υφάλμυρου νερού από γεώτρηση κοντά στην ακτή

7.10 Μαθηματικά μοντέλα

Η ποσοτικοποίηση του προβλήματος της υφαλμύρωσης δεν είναι εύκολη υπόθεση. Κατά την εισροή της θάλασσας σε έναν υδροφόρο με συνθήκες μόνιμης ροής στην πραγματικότητα δεν αποκαθίσταται εύκολα. Επιπλέον, τις περισσότερες φορές, το πρόβλημα φτάνει σε ανεπίτρεπτα όρια και τα κατάλληλα μέτρα δεν παίρνονται εγκαίρως. Η εφαρμογή των μέτρων αυτών είναι συνήθως συνδεδεμένη με οικονομικούς, κοινωνικούς, νομικούς και πολιτικούς παράγοντες και αυτό δυσχεραίνει ιδιαίτερα το πρόβλημα.

Μια τεχνική η οποία ακολουθείται είναι η εφαρμογή κατά τη διαχείριση υπόγειων υδροφόρων μεθόδων μαθηματικής προσομοίωσης. Επομένως, για την αντιμετώπισή τους απαιτούνται αφενός εξειδικευμένες γνώσεις ενός ιδιαίτερα δυσχερούς φαινομένου, όπως είναι η υφαλμύρωση, και αφετέρου δυνατότητα χρήσης μεθόδων εφαρμοσμένων μαθηματικών προσομοιώσεων και προσαρμογής των τεχνικών αυτών στις απαιτήσεις του υπό εξέταση προβλήματος.

Η μαθηματική προσομοίωση αποτελεί για τον μελετητή ένα δυναμικό εργαλείο που διευκολύνει την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ορθή διαχείριση υπόγειων υδροφόρων και επιτρέπει την πρόβλεψη της συμπεριφοράς τους για διάφορες υποθετικές καταστάσεις (σενάρια). Οι εφαρμοσμένες αυτές μαθηματικές προσομοιώσεις είναι χρήσιμες και στις αναγνωριστικές έρευνες, σε φάσεις προκαταρκτικής μελέτης ή προμελέτης ενός έργου, για την ερμηνεία της συμπεριφοράς του υδροφόρου μετά από μετρήσεις πεδίου.

Η μαθηματική προσομοίωση απαιτείται επίσης στις περιπτώσεις εκείνες που ένα επιτυχές πρόγραμμα παρεμπόδισης της θαλάσσιας διείσδυσης πρέπει να λαμβάνει

υπόψη τεχνικές απαραίτητες στην έκδοση αδειών ανόρυξης νέων γεωτρήσεων. Η μοντελοποίηση με υπολογιστές μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της θέσης και των χαρακτηριστικών των προτεινόμενων γεωτρήσεων παρεμπόδισης θαλάσσιας διείσδυσης και για την αξιολόγηση των επιπτώσεων από την εφαρμογή των προτεινόμενων προγραμμάτων εμπλουτισμού και παρακολούθησης.

Βασική προϋπόθεση για τα ανωτέρω είναι τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μαθηματική προσομοίωση και την εφαρμογή ενός συγκεκριμένου υπολογιστικού προγράμματος να είναι σωστά, δηλαδή να αντιπροσωπεύουν πράγματι τον υπό μελέτη υδροφόρο. Η εκπόνηση συνεπώς αξιόπιστων εφαρμοσμένων μαθηματικών προσομοιώσεων είναι αναγκαία.

Ιδιαίτερη σημασία στις εφαρμοσμένες μαθηματικές προσομοιώσεις έχουν οι μετρήσεις πεδίου, οι οποίες έχουν διπλό ρόλο, επιτρέπουν την βαθμονόμηση του μοντέλου και χρησιμεύουν για την επαλήθευσή του και συνεπώς την αύξηση της αξιοπιστίας του. Σε συνδυασμό με την οικονομική δαπάνη που συνεπάγεται η πραγματοποίηση μετρήσεων πεδίου, είναι αντιληπτή η σημασία που έχει ο σωστός σχεδιασμός τους.

Η ορθή εφαρμογή μοντέλων ροής, όπως ο κώδικας MODFLOW, μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην αντιμετώπιση της θαλάσσιας διείσδυσης και στην καλύτερη εφαρμογή των μεθόδων παρεμπόδισης παρέχοντας πληροφορίες οι οποίες θα ήταν αδύνατο να ληφθούν με τις κλασσικές έρευνες. Τα προηγούμενα μοντέλα μπορούν να συνδυαστούν με μοντέλα βελτιστοποίησης για να βοηθήσουν στην ανάπτυξη στρατηγικών άντλησης που θα εμποδίσουν ή θα αναστρέψουν τη διείσδυση της θάλασσας, ενώ παράλληλα θα συνεχίσει να ικανοποιείται η ζήτηση σε γλυκό νερό.

8. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

8.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του νερού είναι *φυσικά, χημικά, ειδικές παράμετροι και βιολογικά*.

Φυσικά χαρακτηριστικά

Τα κυριότερα φυσικά χαρακτηριστικά είναι:

- Χρώμα (άχρουν)
- Οσμή (άοσμο)
- Θολότητα (διαυγές)
- Θερμοκρασία T (14 - 15 °C, η κανονική θερμοκρασία, στους αβαθείς υδροφόρους 10 - 20 °C, ενώ στις πηγές υπάρχει μια διαφορά της τάξης των 4 - 5 °C, η θερμοκρασία στις πηγές είναι αντιστρόφως ανάλογη με την παροχή τους.
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$), οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 140 - 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, στα υφάλμυρα 2000-3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και στα υπεράλμυρα 100.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Ραδιενέργεια, υπάρχουν σε οριακές τιμές κάποια στοιχεία όπως Ra, Sr, U, Th

Χημικά χαρακτηριστικά

- Κύρια ανιόντα και κατιόντα (1-1000 mg/l): Ca, Mg, Na, K, HCO₃, CO₃, SO₄, Cl, NO₃
- Δευτερεύοντα (0,1-1 mg/l): Al, NH₄, As, Br, Cu, Fe, Mn, Sr, HSO₄, F, OH, NO₂, SO₃, S
- Ολιγοσυστατικά (0,01-0,1 mg/l): Sb, Ba, Cr, Co, Pb, Li, Ni, Se, Ti, Si
- Ιχνοστοιχεία <0,01 mg/l: Bi, Cs, Au, Pt, Ag, Sn, Hg

Διάφοροι δείκτες

pH (pH=7 ουδέτερο, pH>7 αλκαλικό, pH<7 όξινο)

- οφιολιθικά πετρώματα = αλκαλικά
- ασβεστολιθικά = όξινα
- Μεγάλες μεταβολές στην επιφάνεια του εδάφους μικρές σε μεγάλο βάθος

Δυναμικό οξειδοαναγωγής Eh (redox)

- $H^+ = pH$ του νερού
- $e^- = Eh$ του νερού
- $Eh < 0$ αναγωγικό, έλλειμμα e^-
- $Eh > 0$ οξειδωτικό, περίσσεια e^-

TDS (ή αλλιώς αλατότητα, συνολικά διαλυμένα στερεά) εξαρτώνται κυρίως από την διαλυτότητα των σχηματισμών.

- Ιζήματα 1000-1200 mg/l
- Γρανίτες 200-300 mg/l
- Αλμυρά νερά 30.000 mg/l

Παρατήρηση: Γενικώς αυξάνεται με το χρόνο παραμονής του νερού στο υπέδαφος.

Η σχέση που συνδέει την ηλεκτρική αγωγιμότητα και TDS είναι **TDS = 0.65 EC**

- TDS > 1000 mg/l γλυκό
- Υφάλμυρο = 1000 - 10.000 mg/l
- Σαλαμούρα > 35.000 mg/l

Αλκαλικότητα (εξουδετέρωση οξέων)

Δίνεται από το άθροισμα CO_3 και HCO_3 σε $CaCO_3$ mg/l

Σκληρότητα νερού

- Παροδική $CaCO_3$ και $MgCO_3$
- Μόνιμη $CaSO_4$ και $MgSO_4$
- $H_t = 2,5Ca + 4,1 Mg$ (mg/l)

Εάν $CaCO_3 >$ Αλκαλικότητα

Μετράμε τη μόνιμη σκληρότητα $H = H_t - Alkalinity$

Διαλυμένα αέρια : O_2 , N_2 , H_2S , CH_4

B.O.D: ποσότητα οξυγόνου ώστε να αποικοδομηθεί βιολογικά η οργανική ύλη (1 mg/l καλής ποιότητας νερό)

COD (χημική οξείδωση)

TOD = BOD + COD

D.O >0 καθαρό νερό

Οργανικά συστατικά : BOD, COD, D.O, TOD

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για τις αναλύσεις όλων των παραπάνω χαρακτηριστικών είναι οι εξής:

ppm=1 mg/l στο καθαρό νερό

meq= mg/l/(ατομικό βάρος ή το ιοντικό βάρος του ιόντος x το σθένος του ιόντος)

8.2 Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό κομμάτι στην προσπάθεια ανάλυσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού. Διέπεται από κάποιους κανόνες που πολλές φορές αν δεν τηρηθούν έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση των αποτελεσμάτων. Μερικούς από αυτούς αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω (οι οποίοι και εφαρμόστηκαν στην διαδικασία δειγματοληψίας στην περιοχή του Αργολικού πεδίου).

- Όχι στάσιμο νερό
- Όμοιες συνθήκες σε κάθε δειγματοληψία
- Χρήση δειγματολήπτη (μικρότερο βάθος αρχικά και αυξάνεται βαθμιαία)
- Ενιαίος υδροφόρος
- Αποθήκευση σε γυάλινο δοχείο ή παγούρι με αεροστεγές πώμα
- Συντήρηση σε δροσερό μέρος
- Ανάλυση σε 2-3 μέρες το πολύ (λόγω τεχνικών δυσκολιών που προέκυψαν δεν εφαρμόστηκε)
- Επί τόπου μετρήσεις Ph,E.C,T

8.3 Δειγματοληψία και Εργαστηριακές μέθοδοι Ανάλυσης

Στα πλαίσια τη διατριβής αυτής, πραγματοποιήθηκε επιλεκτική δειγματοληψία υπόγειων και πηγαίων νερών. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε μία περίοδο τον Νοέμβριο του 2014. Οι θέσεις δειγματοληψίας επιλέχτηκαν αφενός μεν με κριτήρια γεωλογικά, αναζητώντας νερά προερχόμενα μέσα από τον αλλουβιακό υδροφόρο του Αργολικού πεδίου, αφετέρου με βάση τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, στον κάμπο του Άργους.

Σε κάθε θέση δειγματοληψίας, πάρθηκε ένα δείγμα, το οποίο αφορούσε τις χημικές αναλύσεις των κύριων ανιόντων και κατιόντων. Στη συνέχεια ακολουθούσε διατήρησή τους σε δροσερό μέρος, μέχρι τη μεταφορά τους στο εργαστήριο και την εκτέλεση των

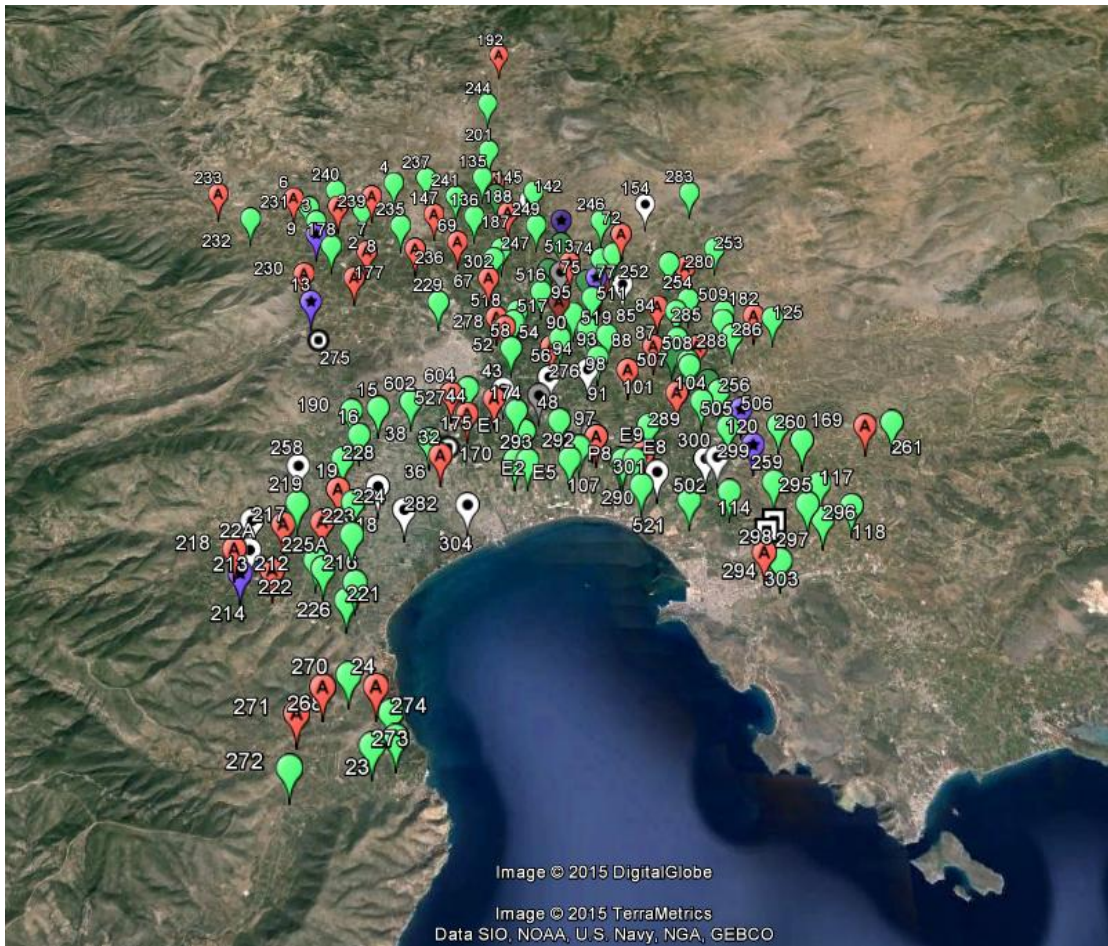
χημικών αναλύσεων. Στην ύπαιθρο γίνονται επιτόπου οι μετρήσεις, που αφορούν στις φυσικές παραμέτρους του νερού, μετρήσεις pH, ηλεκτρικής αγωγιμότητας και θερμοκρασίας με τα φορητά όργανα, του Εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας, της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.



Σχήμα 8.1: Πολυπαραμετρικό όργανο μέτρησης pH, ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και θερμοκρασία

Οι χημικές αναλύσεις των κύριων ανιόντων και κατιόντων, πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας, της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών.

Το δίκτυο γεωτρήσεων που εντοπίστηκε και καταγράφηκε κατά την έρευνα πεδίου, αποδίδεται στο σχήμα 8.1 (Πάρθηκαν περίπου 160 στάθμες και 60 δείγματα).



Σχήμα 8.2: Δίκτυο γεωτρήσεων στο Αργολικό πεδίο (Google Earth)

Επεξήγηση των συμβόλων πάνω στο χάρτη



: Μέτρηση στάθμης και δείγμα



: Μέτρηση μόνο στάθμης



: Αδύνατη μέτρηση



: Δουλεύει η γεώτρηση – μόνο δείγμα



: Στεγνό

8.3.1 Εργαστηριακές μέθοδοι ανάλυσης

Σε κάθε σημείο δειγματοληψίας μετρήθηκαν επί τόπου η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH, η θερμοκρασία του νερού, με φορητά όργανα του οίκου WTW. Οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Ε.Μ.Π. Οι αναλύσεις περιελάμβαναν τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου, χλωριόντων, όξινων ανθρακικών, νιτρικών και θειικών και πραγματοποιήθηκαν με τις παρακάτω μεθόδους.

- Τα νιτρικά και θειικά ιόντα προσδιορίστηκαν με φασματοφωτόμετρο DR 2010 του οίκου HACH, σε δείγμα 25ml, με τα αντιδραστήρια Nitriver 5 και Sulfaver 4 αντίστοιχα.
- Τα χλωριόντα προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με τιτλοδότη AgNO_3 2,256N της HACH.
- Τα όξινα ανθρακικά προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με τιτλοδότη H_2SO_4 1,6 N της HACH.
- Τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με τιτλοδότη EDTA 0,8 N της HACH.
- Με φλογοφωτόμετρο Digital Flame Analyser προσδιορίστηκαν τα ιόντα νατρίου και καλίου.

8.4 Μελέτη υδροχημικών δεδομένων

Η μελέτη των δεδομένων των χημικών αναλύσεων υπόγειων νερών μπορεί να περιλαμβάνει *υδροχημικούς χάρτες, συσχετικά διαγράμματα, ιοντικούς λόγους και υδροχημικά διαγράμματα.*

8.4.1 Υδροχημικοί χάρτες

Η ποιότητα και γενικά τα χημικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού απεικονίζονται σε υδροχημικούς χάρτες οι οποίοι δίνουν τη χωρική κατανομή των διαφόρων ιόντων με τις ισοχημικές καμπύλες, δηλαδή τις καμπύλες που αντιστοιχούν σε σημεία ίσης συγκέντρωσης του ιόντος που μας ενδιαφέρει, μια συγκεκριμένη ημερομηνία ή χρονική περίοδο. Από τους υδροχημικούς χάρτες μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα όχι μόνο για την τάση μεταβολής της χημικής παραμέτρου του υπόγειου νερού στην περιοχή μελέτης αλλά και για ποιόν λόγο υφίστανται οι μεταβολές αυτές.

8.4.2 Συσχετικά διαγράμματα

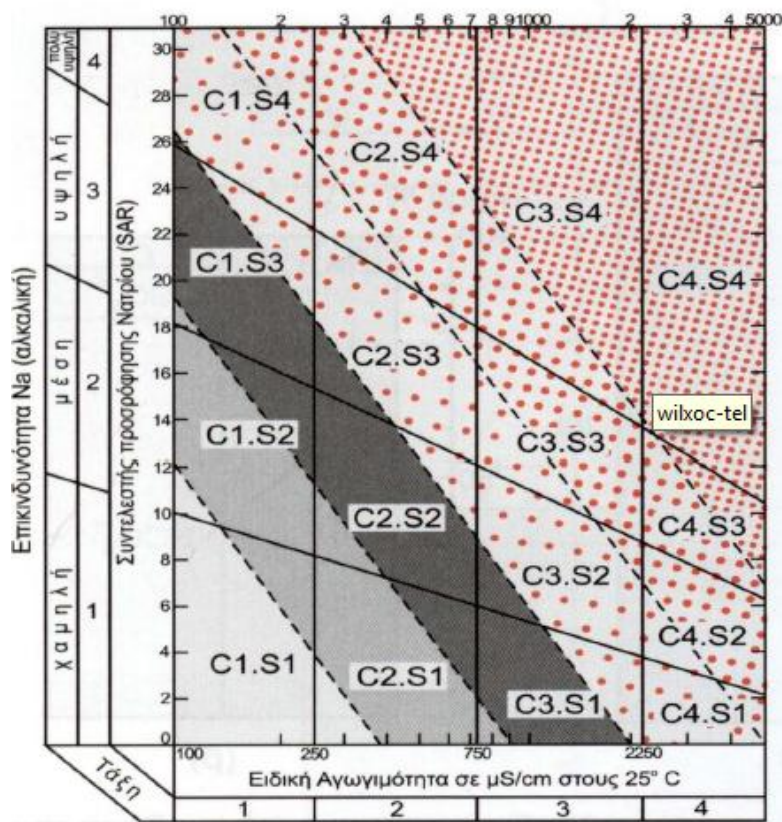
Οι τιμές περιεκτικότητας του υπόγειου νερού σε διάφορα ιόντα κύρια ή δευτερεύοντα, εξεταζόμενα ανά ορισμένα ζεύγη, αυξάνονται ή μειώνονται παράλληλα, διατηρώντας μια περίπου σταθερή σχέση μεταξύ τους, κυρίως όταν εκφράζονται σε mg/l. Σε πολλά ζεύγη ιόντων, η συσχέτιση είναι συνήθης, ενώ σε άλλα συγκυριακή. Η συσχέτιση συνδέεται με τη χημική συγγένεια και τις ιδιότητες των ιόντων αυτών, αλλά και με τη λιθολογία του αντίστοιχου υδροφορέα. (Σούλιος, 2006)

8.4.3 Υδροχημικά διαγράμματα

(Κύριες Βιβλιογραφικές Πηγές: Βασιλείου, 2011)

Τα υδροχημικά διαγράμματα είναι διαγράμματα κυρίως αριθμητικά αλλά και ποικίλων τύπων και χαρακτήρων που επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για ερμηνείες και χαρακτηρισμούς του υπόγειου και επιφανειακού νερού. Επιπρόσθετα επιτυγχάνεται η ταξινόμηση των δειγμάτων νερού και η εύρεση της υδροχημικής τους φάσης. Τα σημαντικότερα που χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αναφέρονται παρακάτω.

Διάγραμμα Wilcox(1955)



Σχήμα 8.3: Διάγραμμα Wilcox

Το διάγραμμα αυτό αποτελεί μία σημαντική μέθοδο ελέγχου της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών. Χρησιμοποιεί το δείκτη S.A.R. και την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. Με βάση το διάγραμμα αυτό μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες αρδευτικού νερού:

A:C1-S1.Ποιότητα καλή.

B:C1-S2,C2-S1.Ποιότητα καλή έως μέτρια. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά.

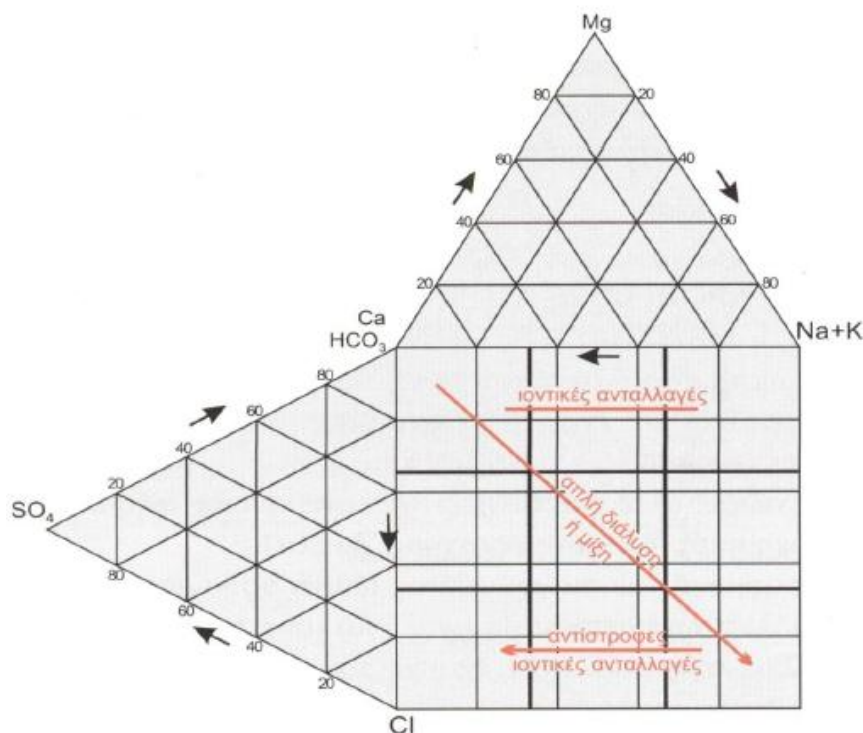
Γ:C1-S3,C2-S2,C3-S1.Ποιότητα μέτρια έως πολύ μέτρια. Μπορεί να χρησιμοποιείται παίρνοντας μέτρα προφύλαξης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή πρέπει να προστίθεται σε αυτό γύψος.

Δ:C1-S4,C2-S3,C3-S2,C4-S1. Ποιότητα πολύ μέτρια έως κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά, ούτε γενικά για βαριά εδάφη. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης σε ελαφρά εδάφη που αποστραγγίζονται καλά ή να προστίθεται γύψος.

E:C2-S4,C3-S3,C4-S2. Ποιότητα κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται παρά μόνο για ανθεκτικά φυτά σε ελαφρά εδάφη καλώς αποστραγγιζόμενα, με προσθήκη γύψου.

Z:C3-S4,C4-S3,C4-S4. Πολύ κακή ποιότητα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση.

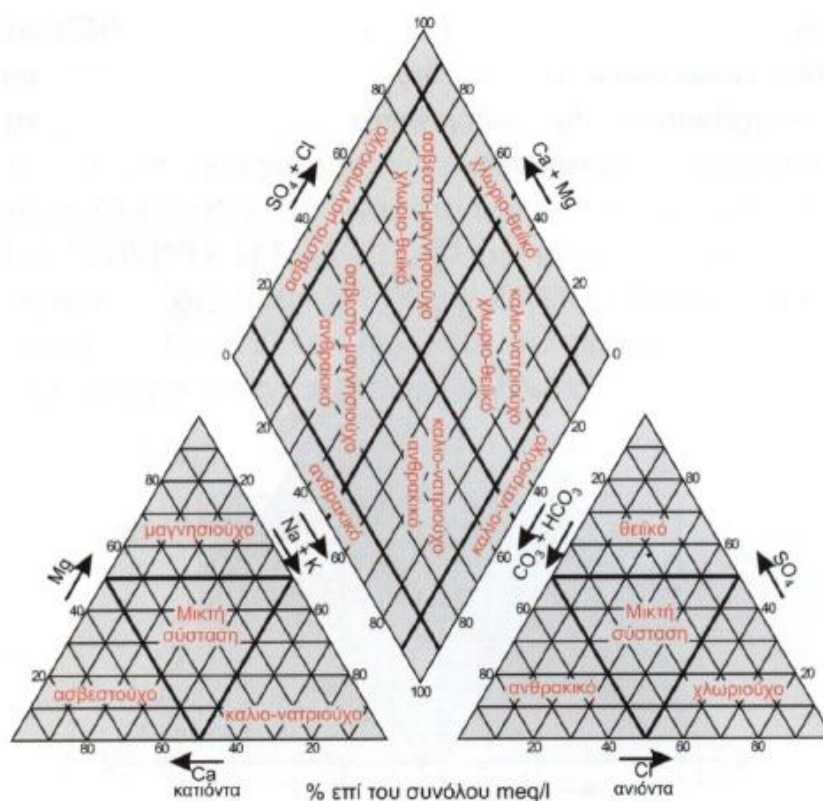
Διάγραμμα Durov (1948)



Σχήμα 8.4 : Διάγραμμα Durov

Αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα που συνδέονται με ένα τετραγωνικό, διαχωριζόμενο σε 9 επίμέρους τετραγωνίδια, τα οποία αντιστοιχούν σε κατηγορίες νερού, αλλά και σε περιοχές στις οποίες συμβαίνουν στο νερό διάφορες υδροχημικές διαδικασίες. Προβάλλονται στα χωριστά τρίγωνα τα ανιόντα και κατιόντα. Στη συνέχεια η προέκταση των καθέτων στις βάσεις των ισόπλευρων τριγώνων, που ξεκινούν από τα σημεία που παριστάνουν την % περιεκτικότητα του νερού σε ανιόντα και κατιόντα, τέμνονται σε ένα σημείο που παριστάνει την κύρια ιοντική συγκέντρωση % στο νερό.

Διάγραμμα Piper (1944)

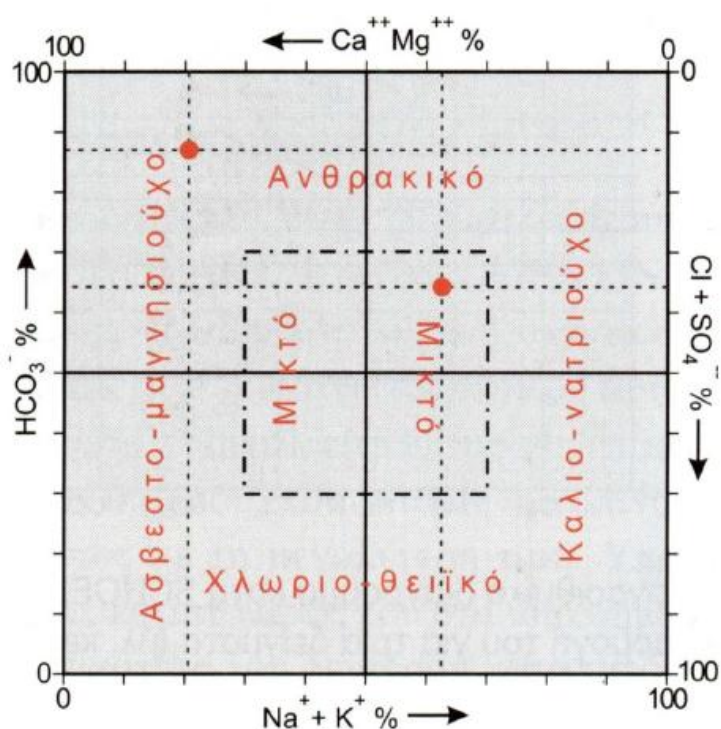


Σχήμα 8.5 : Διάγραμμα Piper

Αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα και ένα ενδιάμεσο ρομβικό που στο σύνολο συνιστούν ένα τρίγωνο. Η θέση του αντίστοιχου δείγματος νερού στο διάγραμμα το κατατάσσει σε μία κατηγορία, τόσο ως προς τα κατιόντα ή ανιόντα όσο ως προς το σύνολο. Δίνει επομένως την υδροχημική φάση του δείγματος. Είναι σαφές ότι το διάγραμμα Piper επιτρέπει τόσο την άμεση, εποπτική σύγκριση διαφόρων δειγμάτων νερού, όσο και την ταξινόμησή τους σε κατηγορίες (φάσεις) ακόμα και όταν έχουμε πολλά και διαφορετικά δείγματα νερού. Είναι εφικτό να βρεθεί και η αντίστοιχη υδροχημική φάση.

Διάγραμμα Ludwig Langelier (1942)

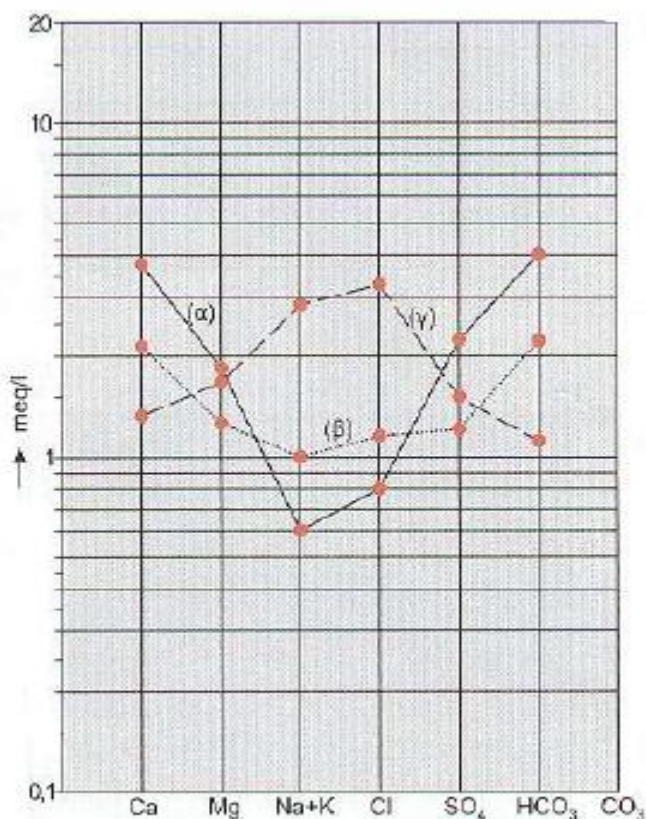
Το διάγραμμα αυτό εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλωριο –θειικό και καλιο–νατριούχο χαρακτήρα τους. Όσο τα δείγματα απομακρύνονται από την αρχή των αξόνων τόσο ισχυροποιείται ο χαρακτήρας που έχουν (σε όσα δείγματα πλησιάζουν τον άξονα των $Cl+SO_4$ υπερिशύει ο χλωριο –θειικός χαρακτήρας και αντίστοιχα σε όσα πλησιάζουν τον άξονα $Na - K$ υπερिशύει ο καλιο – νατριούχος, ενώ σε αυτά που σχεδόν ισαπέχουν ο χαρακτήρας είναι ισομερής, δηλαδή χλωριο – θειικός και καλιο – νατριούχος). Αντικαθιστώντας τους άξονες του διαγράμματος με $Ca - Mg$ και HCO_3 αντίστοιχα, θα δημιουργούνταν η κατανομή των δειγμάτων με βάση τον ασβεστο – μαγνησιούχο και ανθρακικό χαρακτήρα τους. Στη μορφή που το διάγραμμα έχει και τους τέσσερις άξονες ($HCO_3, Na - K, Ca - Mg, Cl - SO_4$) εμφανίζεται η κατανομή των δειγμάτων και ως προς τους τέσσερις υδροχημικούς χαρακτήρες. Κάθε τομή των αξόνων σε σχέση με το κέντρο του διαγράμματος ορίζει μια τετραγωνική περιοχή όπου υπερिशύουν κάθε φορά δύο από τους τέσσερις χαρακτήρες. Στο κέντρο του διαγράμματος ορίζεται και μία μικτή περιοχή που όλοι σχεδόν οι χαρακτήρες είναι ισομερείς.



Σχήμα 8.6 : Διάγραμμα Ludwig Langelier

Διάγραμμα Schoeller (1963)

Πρόκειται για ένα διάγραμμα που στον κατακόρυφο άξονα έχει τιμές διαφόρων ιόντων σε ημιλογαριθμική κλίμακα και στον οριζόντιο σε δεκαδική κλίμακα τα διάφορα ιόντα με την εξής σειρά: Ca, Mg, Na+K, Cl, SO₄, HCO₃. Οι τιμές των ιόντων κάθε δείγματος ενώνονται στο διάγραμμα με μία καμπύλη γραμμή. Όταν η καμπύλη αυτή έχει το κυρτό μέρος προς τα επάνω το νερό είναι υφάλμυρο, ενώ όταν έχει το κοίλο το νερό είναι γλυκό. Ακόμη όσο πιο «πάνω» βρίσκεται αυτή, τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα (δηλαδή ουσιαστικά το T.D.S.).



Σχήμα 8.7 : Ημιλογαριθμικό διάγραμμα κατά SCHOELLER, H. (1995) και εφαρμογή του για τρία δείγματα

8.4.4 Κριτήρια καταλληλότητας αρδευτικού νερού

Οι ποιοτικές απαιτήσεις για το αρδευτικό νερό ποικίλλουν, ανάλογα με την αρδευόμενη περιοχή και το είδος της καλλιέργειας. Ένα αρδευτικό νερό, που είναι μέτριο ή κακό για μια περιοχή, μπορεί να είναι άριστο για κάποια άλλη και αντίστροφα. Γενικά περιοχές καλά στραγγιζόμενες και καλά αεριζόμενες δέχονται αρδευτικό νερό με υψηλή αλατότητα (με υψηλή τιμή T.D.S.). Αντίθετα μη στραγγιζόμενες ή αεριζόμενες θέλουν αρδευτικό νερό φτωχό σε αλατότητα. Ένα βασικό κριτήριο είναι ο συντελεστής S.A.R. (Sodium Absorption Ratio = Συντελεστής Προσρόφησης Νατρίου) που υπολογίζεται από τη σχέση (Σούλιος, 2006):

$$SAR = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$$

Σημαντικοί εξίσου δείκτες καταλληλότητας είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. και η συγκέντρωση διαλυμένων στερεών T.D.S. (η σχέση που τους συνδέει έχει προαναφερθεί). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι (Καλλέργης,2000):

- TDS 200 – 500: Νερό άριστης ποιότητας
- TDS 1000 – 2000: Νερό που μπορεί να είναι επικίνδυνο
- TDS 3000 – 7000: Νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση μόνο με έκπλυση και τέλεια στράγγιση.

8.4.5 Σταθερότυπα πόσιμου νερού

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα σταθερότυπα των κύριων χημικών συστατικών, δεικτών και φυσικών μεγεθών για το πόσιμο νερό.

| Ιδιότητα ή παράμετρος | Μονάδα μέτρησης | Ενδεικτικό επίπεδο | Ανώτατο επιτρεπόμενο όριο | Παρατηρήσεις |
|-----------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|---|
| Ph | μονάδες pH | 6,5 ≤ pH ≤ 8,5 | - | Δεν έχουν ισχύ στα συσκευασμένα νερά |
| Θερμοκρασία | °C | 12 | 25 | |
| EC | μS/cm | 400 | 2500 | Ανάλογα με τη μεταλλικότητα |
| Cl | mg/l | 25 | - | Επικίνδυνο σε συγκέντρωση πάνω από 200 mg/l |
| SO ₄ | mg/l | 25 | 250 | |
| Mg | mg/l | 30 | 50 | |
| Na | mg/l | 20 | 200 | |
| K | mg/l | 10 | 12 | |
| NO ₃ | mg/l | 25 | 50 | |
| Ca | mg/l | 100 | - | |
| NO ₂ | mg/l | | 0,5 | |
| As | μg/l | | 10 | |
| Fe | μg/l | | 200 | |
| Cu | mg/l | | 2 | |
| Pb | μg/l | | 10 | |
| Hg | μg/l | | 1 | |
| Mn | μg/l | | 50 | |

Πίνακας 8.1: Σταθερότυπα πόσιμου νερού (Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3^{ης}/11/1998)

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΠΕΡΙΟΧΗ | X (m) | Y (m) | pH | T (OC) | E.C. (μS/cm) | Na+ | K+ | Ca++ | Mg++ | Cl- | HCO3- | NO3- | SO4- |
|----------|-----------------|-------------|-------------|------|--------|--------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Ε8 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392961,424 | 4161776,114 | 7,84 | 16,2 | 1170 | 42,2 | 2,2 | 262 | 363 | 214 | 241 | 8,0 | 40,0 |
| 77 | ΗΡΑ | 391803,798 | 4168017,543 | 7,56 | 16,2 | 1219 | 82 | 4,2 | 380 | 486 | 185 | 180 | 65,2 | 34,0 |
| 88 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 393362,519 | 4165417,715 | 7,83 | 16,5 | 6250 | 374 | 8 | 2150 | 2995 | 1930 | 425 | 224,4 | 410,0 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 388990,7347 | 4163637,506 | 9,94 | 16,4 | 2240 | 266,5 | 5 | 205 | 280 | 614 | 396 | 6,3 | 69,0 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,6811 | 4169729,979 | 7,56 | 6,5 | 1620 | 21,4 | 2,4 | 573 | 690 | 231 | 271 | 117,4 | 6,0 |
| 98 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392636,3018 | 4164581,413 | 7,34 | 16,2 | 4130 | 183,6 | 6 | 1075 | 1430 | 875 | 278 | 98,7 | 160,0 |
| 513 | ΗΡΑ | 391032,3176 | 4168613,044 | 7,45 | 16,5 | 839 | 24,4 | 0,9 | 277 | 376 | 67 | 200 | 80,3 | 15,0 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,6993 | 4169114,78 | 7,85 | 16,6 | 623 | 17,8 | 0,8 | 233 | 244 | 19 | 156 | 89,8 | 1,0 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391739,0241 | 4162328,694 | 7,57 | 16,4 | 1428 | 93,4 | 16,4 | 380 | 476 | 241 | 270 | 3,5 | 41,0 |
| 239 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384121,8619 | 4170963,793 | 7,83 | 16,5 | 690 | 10,7 | 1 | 280 | 328 | 21 | 181 | 84,8 | 12,0 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,2262 | 4167095,899 | 7,09 | 16,4 | 4000 | 81,6 | 1,2 | 1355 | 1795 | 935 | 178 | 226,0 | 86,0 |
| 506 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395644,1108 | 4163162,274 | 7,26 | 16,2 | 2670 | 68,7 | 1,8 | 815 | 1160 | 488 | 166 | 242,0 | 148,0 |
| 236 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386489,5862 | 4169199,569 | 7,66 | 16,5 | 1110 | 13,6 | 1,2 | 446 | 478 | 30 | 161 | 270,0 | 58,0 |
| 233 | ΣΧΙΝΟΧΩΡΙ | 380396,4136 | 4171421,56 | 7,3 | 16,8 | 680 | 10 | 0,8 | 308 | 385 | 12 | 226 | 63,4 | 17,0 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396240,069 | 4166454,255 | 7,41 | 16,4 | 1330 | 25 | 1,4 | 495 | 498 | 109 | 216 | 88,1 | 78,0 |
| 192 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 388722,1442 | 4177530,055 | 8,3 | 16,6 | 572 | 26,6 | 0,9 | 134 | 225 | 33 | 137 | 80,4 | 42,0 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,2734 | 4171326,231 | 7,52 | 16,5 | 635 | 12,8 | 1,4 | 282 | 288 | 21 | 200 | 86,2 | 9,0 |
| 32 | ΑΡΓΟΣ | 387637,0078 | 4161780,719 | 7,32 | 16,2 | 1190 | 61,6 | 0,8 | 510 | 400 | 134 | 269 | 10,7 | 144,0 |
| 44 | ΑΡΓΟΣ | 388280,5929 | 4163134,278 | 7,44 | 16,1 | 2320 | 84 | 1,8 | 795 | 940 | 316 | 412 | 71,7 | 230,0 |
| 303 | ΑΡΙΑ | 395890,999 | 4158664,663 | 7,7 | 16,2 | 1098 | 60,2 | 1,2 | 425 | 436 | 80 | 308 | 32,2 | 134,0 |
| ΛΕΡΝΗ 1 | ΠΗΓΗ | 386545,236 | 4156673,466 | 7,38 | 16,4 | 652 | 13,6 | 2,1 | 304 | 30 | 8 | 266 | 16,5 | 50,0 |
| ΛΕΡΝΗ 2 | ΠΗΓΗ | 386820,271 | 4156675,848 | 7,39 | 15,9 | 776 | 33,1 | 1,6 | 332 | 35 | 57 | 260 | 12,8 | 48,0 |
| ΑΝΑΒΑΛΟΣ | ΠΗΓΗ | 388372,254 | 4152626,524 | 7,5 | 16 | 1281 | 115,2 | 3,9 | 244 | 332 | 214 | 214 | 8,2 | 94,0 |
| 177 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384802,8187 | 4168056,613 | 7,75 | 16,1 | 841 | 14,4 | 4 | 324 | 392 | 50 | 211 | 32 | 16,0 |
| 223 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ ΑΓ. | 384729,7185 | 4159765,214 | 7,8 | 16,2 | 988 | 67,8 | 1,4 | 354 | 330 | 126 | 181 | 12 | 62,0 |
| 169 | ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398895,042 | 4162500,064 | 7,61 | 16,1 | 1662 | 63,6 | 1,6 | 518 | 696 | 204 | 208 | 39 | 190,0 |
| 9 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 383518,7378 | 4169812,754 | 7,39 | 16,2 | 584 | 6,3 | 1 | 286 | 284 | 6 | 209 | 13 | 15,0 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------|-------------|--------------|------|------|------|-------|-----|------|------|------|-----|------|-------|
| 278 | ΑΡΓΟΣ | 389213,4027 | 4166164,402 | 7,05 | 16,3 | 3200 | 77,2 | 2 | 1285 | 1295 | 750 | 196 | 38,5 | 84,0 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,1031 | 4163764,406 | 7,23 | 15,9 | 4210 | 200,4 | 2,4 | 1400 | 1705 | 940 | 260 | 49,5 | 320,0 |
| 230 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 383340,7753 | 4168209,766 | 7,66 | 16,3 | 423 | 5,4 | 0,5 | 221 | 206 | 7 | 180 | 7,5 | 4,0 |
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386954,4405 | 4170624,567 | 7,35 | 16,2 | 700 | 16,5 | 0,9 | 310 | 325 | 13 | 210 | 31 | 8,0 |
| 218 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 382644,9399 | 4158922,468 | 7,4 | 16 | 671 | 9,2 | 0,7 | 341 | 346 | 10 | 197 | 12 | 39,0 |
| 213 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383653,8728 | 4158320,678 | 7,33 | 16,1 | 682 | 11 | 1,2 | 354 | 371 | 11 | 260 | 10,5 | 40,0 |
| 518 | ΑΡΓΟΣ | 388955,8171 | 4166533,576 | 7,47 | 16,4 | 2070 | 92,1 | 2,1 | 255 | 22 | 470 | 192 | 17,5 | 59 |
| 13 | ΑΚΟΒΑ | 383655,4707 | 4167144,777 | 7,5 | 16,1 | 530 | 6,6 | 0,6 | 85 | 6,8 | 15 | 205 | 3,1 | 12 |
| 302 | ΑΚΟΒΑ | 388665,0000 | 4168024,0000 | 7,21 | 16 | 1320 | 35 | 1,4 | 184 | 14 | 170 | 165 | 35,5 | 12 |
| 280 | ΑΝΥΦΙ | 394419,0000 | 4168325,0000 | 7,22 | 16 | 1553 | 29,2 | 3,2 | 192 | 30 | 180 | 222 | 67,5 | 70 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,2013 | 4166869,0971 | 7,35 | 16,1 | 1055 | 60,2 | 1,2 | 110 | 25 | 135 | 160 | 52 | 44 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 387729,2095 | 4169477,6127 | 7,27 | 15,8 | 1065 | 23 | 1,2 | 157 | 11 | 75 | 186 | 59,5 | 26 |
| 188 | ΙΝΑΧΟΣ | 389280,0000 | 4170035,0000 | 7,41 | 15,9 | 838 | 21 | 1,3 | 102 | 22 | 40 | 175 | 39 | 12 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,7722 | 4167659,0240 | 6,88 | 15,8 | 3020 | 77,7 | 1,8 | 314 | 83 | 620 | 280 | 67 | 59 |
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388724,4986 | 4171955,7839 | 7,47 | 16,2 | 1003 | 29,6 | 2,8 | 117 | 28 | 110 | 193 | 42,5 | 27 |
| 62 | ΗΡΑ | 389766,4761 | 4168103,9472 | 7,21 | 15,9 | 1868 | 47,7 | 1,5 | 217 | 37 | 370 | 199 | 39,5 | 26 |
| 120 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395870,9732 | 4161963,2883 | 7,18 | 16 | 2390 | 80,7 | 1,5 | 250 | 65 | 1035 | 185 | 46,5 | 563 |
| 271 | ΣΠΗΛΙΩΤΑΚΙ | 384714,9051 | 4153144,0807 | 7,27 | 16 | 641 | 10,3 | 0,8 | 106 | 6,6 | 29 | 178 | 7 | 10 |
| 270 | ΚΑΛΑΜΑΚΙ | 384717,4122 | 4154469,4372 | 7,73 | 16 | 806 | 47 | 1,4 | 84 | 11 | 170 | 196 | 5 | 22 |
| 24 | ΚΙΒΕΡΙ | 386491,5621 | 4155152,6633 | 7,44 | 15,8 | 1164 | 97 | 3,4 | 117 | 16 | 190 | 200 | 6,5 | 43 |
| 250 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 390780,1936 | 4170327,3894 | 7,37 | 15,6 | 937 | 20,9 | 1,7 | 117 | 25 | 49 | 225 | 39 | 59 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385053,4621 | 4160739,2416 | 7,31 | 16 | 914 | 33,5 | 1,4 | 126 | 12 | 105 | 234 | 13 | 43 |
| 604 | ΑΡΓΟΣ | 387907,4792 | 4163916,1045 | 7,36 | 15,7 | 1311 | 114,6 | 5,4 | 114 | 24 | 230 | 295 | 6 | |
| 214 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 382888,8372 | 4158228,0694 | 7,4 | 15,6 | 691 | 9 | 0,8 | 117 | 6,7 | 28 | 238 | 14,5 | 18 |
| 212 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383778,8328 | 4159670,2903 | 7,6 | 16 | 935 | 18,9 | 1,2 | 139 | 10 | 94 | 202 | 61 | 40 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,0716 | 4171408,4191 | 7,5 | 16,1 | 893 | 13,3 | 1 | 140 | 9 | 74 | 190 | 46 | 20 |

Πίνακας 8.2: Συγκεντρωτικός πίνακας χημικών αναλύσεων

8.5 Επεξεργασία χημικών αναλύσεων μέσω του λογισμικού Aquachem

Η επεξεργασία των χημικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Aquachem 5.1, ενός εργαλείου επεξεργασίας χημικών αναλύσεων και δημιουργίας υδροχημικών διαγραμμάτων (Dugon, Piper, Wilcox κ.λ.π). Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα, επίσης, υπολογισμού διαφόρων συντελεστών και στατιστικής επεξεργασίας των χημικών παραμέτρων. Έτσι, έγινε η **εξαγωγή report** ανά σημείο υδροληψίας, τα οποία παρατίθενται στο τέλος της παρούσας μεταπτυχιακή διατριβής.

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων 60 δειγμάτων κατασκευάστηκαν υδροχημικά διαγράμματα και υδροχημικοί χάρτες των υπόγειων νερών.

Να σημειωθεί αρχικά ότι τα διάφορα στάδια επεξεργασίας και οι απαιτούμενοι υπολογισμοί εμπεριέχονται στα αντίστοιχα αρχείο excel. (data_diatribi.xls)

8.5.1 Επεξεργασία δεδομένων Νοεμβρίου 2014

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω πραγματοποιήθηκαν 60 δειγματοληψίες νερού σε διάφορες γεωτρήσεις, πηγάδια και πηγές του Αργολικού πεδίου. Τα δεδομένα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παραπάνω πίνακα 8.2. Ο πίνακας 8.3 που ακολουθεί περιέχει τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα αυτής της επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα περιέχεται ο *υδροχημικός τύπος* του νερού, το *ιοντικό σφάλμα* για κάθε ανάλυση, οι χαρακτηριστικοί *ιοντικοί λόγοι*, η *ολική σκληρότητα* και *τιμές SAR*. Στον πίνακα 8.4 παρουσιάζεται η στατιστική επεξεργασία των χημικών αναλύσεων με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Το ιοντικό σφάλμα (εκφρασμένο επί τοις %) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση λαμβάνοντας τις συγκεντρώσεις των ιόντων σε *meq/l*:

$$N = \frac{\Sigma(\text{κατιόντων}) - \Sigma(\text{ανιόντων})}{\Sigma(\text{κατιόντων}) + \Sigma(\text{ανιόντων})} \times 100$$

όπου: $\Sigma(\text{κατιόντων}) = \text{άθροισμα κατιόντων}$
 $\Sigma(\text{ανιόντων}) = \text{άθροισμα ανιόντων}$

Στην περίπτωση που η τιμή του ιοντικού σφάλματος προκύπτει εκτός των ορίων **±10%**, προτείνεται *επαναληπτική δειγματοληψία*. Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 8.3 έχουν προκύψει τιμές που βρίσκονται εκτός του συγκεκριμένου εύρους τιμών (κόκκινο χρώμα).

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΠΕΡΙΟΧΗ | SAR | TOTAL HARDNESS | ΙΟΝΤΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ | WATERTYPE | Mg/Ca | Cl/SO4- | Na/Cl | Na/K | (Ca+Mg)/(Na+K) |
|----------|---------------|---------|----------------|----------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| E8 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 0,39425 | 21,5 | -60,8 | Mg-Ca-Cl | 2,285386 | 7,277108 | 0,30298 | 35,88235 | 22,82828283 |
| 77 | ΗΡΑ | 0,65695 | 29,5 | -73,2 | Mg-Ca- | 2,109177 | 7,352113 | 0,683908 | 35 | 16,05392157 |
| 88 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 1,2232 | 176,9 | -67,1 | Mg-Ca-Cl | 2,297045 | 6,374707 | 0,298861 | 79,36585 | 21,47132018 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 2,8368 | 16,6 | -27,9 | Mg-Na-Ca-Cl | 2,252199 | 12,02778 | 0,668014 | 90,39063 | 2,84407591 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 0,13981 | 42,7 | -74,6 | Mg-Ca- | 1,986009 | 50,15385 | 0,139571 | 17,84314 | 88,83454735 |
| 98 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 0,86007 | 85,7 | -68,3 | Mg-Ca-Cl | 2,19329 | 7,411411 | 0,322528 | 52,02614 | 21,11672624 |
| 513 | ΗΡΑ | 0,22066 | 22,4 | -75,1 | Mg-Ca- | 2,238784 | 6,096774 | 0,550265 | 10,4 | 39,26315789 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 0,18572 | 15,9 | -76,8 | Mg-Ca- | 1,726569 | 27 | 1,37037 | 7,4 | 37,75 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 0,75034 | 29,1 | -67,6 | Mg-Ca- | 2,065928 | 8 | 0,595588 | 9,9022 | 13,03655528 |
| 239 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 0,09611 | 20,5 | -78,9 | Mg-Ca- | 1,931997 | 2,36 | 0,728814 | 16,53846 | 89,8245614 |
| 53 | ΗΡΑ | 0,33956 | 107,7 | -73,1 | Mg-Ca-Cl | 2,184413 | 14,73184 | 0,133485 | 135,3846 | 60,72476029 |
| 506 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 0,35853 | 68,1 | -72 | Mg-Ca- | 2,346939 | 4,467532 | 0,215116 | 113,8462 | 45,58606832 |
| 236 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 0,1019 | 30,8 | -76,8 | Mg-Ca- | 1,766846 | 0,702479 | 0,670588 | 21,92308 | 103,3389262 |
| 233 | ΣΧΙΝΟΧΩΡΙ | 0,08968 | 23,5 | -80,2 | Mg-Ca- | 2,061158 | 0,971429 | 1,264706 | 4,3 | 88,77358491 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 0,18976 | 32,8 | -75,4 | Mg-Ca- | 1,659109 | 1,883436 | 0,355049 | 41,92308 | 58,85304659 |
| 192 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 0,3186 | 12,6 | -67,7 | Mg-Ca- | 2,766816 | 1,056818 | 1,215054 | 11,3 | 20,48780488 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 0,12011 | 18,9 | -76,3 | Mg-Ca- | 1,684435 | 3,105263 | 0,881356 | 20 | 69,17582418 |
| 32 | ΑΡΓΟΣ | 0,49117 | 29,2 | -68,7 | Mg-Ca- | 1,293517 | 1,26 | 0,701058 | 26,5 | 21,22545455 |
| 44 | ΑΡΓΟΣ | 0,47767 | 58,5 | -69,9 | Mg-Ca- | 1,949836 | 1,860125 | 0,409652 | 140,3846 | 31,83351469 |
| 177 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 0,12376 | 24,2 | -79,5 | Mg-Ca- | 1,995053 | 4,272727 | 0,432624 | 30,5 | 76,87301587 |
| 223 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 0,08968 | 23,5 | -80,2 | Mg-Ca- | 1,536503 | 2,751938 | 0,819718 | 111,9231 | 15,26566757 |
| 169 | ΑΓ. ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 0,42507 | 41,6 | -72,6 | Mg-Ca- | 2,215474 | 1,45202 | 0,476522 | 105,3846 | 30,05061461 |
| 9 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 0,06016 | 18,8 | -80,6 | Mg-Ca- | 1,637701 | 0,548387 | 1,529412 | 10 | 131,6083916 |
| 278 | ΑΡΓΟΣ | 0,36255 | 85,3 | -73,5 | Mg-Ca-Cl | 1,661884 | 12,08571 | 0,158392 | 65,68627 | 50,18523964 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 0,84865 | 105,1 | -70,4 | Mg-Ca-Cl | 2,008302 | 3,974513 | 0,328178 | 170,5882 | 24,01554108 |
| 230 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 0,05815 | 14 | -78,9 | Mg-Ca- | 1,536718 | 2,5 | 1,1 | 2,2 | 87,4375 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------------|---------|------|-------|--------------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 0,15149 | 21,1 | -81,5 | Mg-Ca- | 1,728507 | 2,176471 | 1,891892 | 70 | 59,45070423 |
| 218 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 0,08209 | 22,7 | -82,2 | Mg-Ca- | 1,672738 | 0,345679 | 1,392857 | 19,5 | 110,9512195 |
| 213 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 0,09747 | 24,1 | -79,6 | Mg-Ca- | 1,727787 | 0,373494 | 1,548387 | 18,46154 | 95,256917 |
| 518 | ΑΡΓΟΣ | 1,4844 | 7,3 | -11,7 | Ca-Na-Cl | 0,22 | 10,78049 | 0,301659 | 78,43137 | 3,589237225 |
| 13 | ΑΚΟΒΑ | 0,16961 | 2,4 | -75,1 | Ca- | 0,04 | 1,68 | 0,619048 | 13 | 16,89285714 |
| 302 | ΑΚΟΒΑ | 0,66975 | 5,2 | -36,8 | Ca-Cl | 0,45 | 19,2 | 0,316667 | 58,46154 | 6,681759379 |
| 280 | ΑΝΥΦΙ | 0,51391 | 6 | -28,8 | Ca-Mg-Cl | 0,86 | 3,479452 | 0,248031 | 16,36364 | 9,012715034 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 1,3436 | 3,8 | -30,8 | Ca-Na-Mg-Cl | 0,67 | 4,141304 | 0,685039 | 100,3846 | 2,864188164 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 0,47858 | 4,4 | -48,2 | Ca-Cl | 0,76 | 3,925926 | 0,471698 | 38,46154 | 8,518518519 |
| 188 | ΙΝΑΧΟΣ | 0,49177 | 3,5 | -61,3 | Ca-Mg-Cl | 0,5 | 4,52 | 0,80531 | 35 | 7,371794872 |
| 78 | ΗΡΑ | 0,99859 | 11,2 | -13,9 | Ca-Mg-Cl | 0,86 | 14,21951 | 0,191538 | 128,8462 | 6,664691943 |
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 0,62517 | 4,1 | -38,4 | Ca-Mg-Cl | 0,54 | 5,535714 | 0,406452 | 24,70588 | 6,209000763 |
| 62 | ΗΡΑ | 0,77622 | 6,9 | -16,3 | Ca-Mg-Cl | 0,5 | 19,33333 | 0,195402 | 78,46154 | 6,713455954 |
| 120 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 1,1656 | 8,9 | 32,1 | Ca-Cl-SO4 | 0,59 | 2,488491 | 0,119219 | 133,8462 | 5,085567598 |
| 271 | ΣΠΗΛΙΩΤΑΚΙ | 0,25579 | 2,9 | -69,6 | Ca-Cl | 0,09 | 3,904762 | 0,52439 | 14,33333 | 12,56521739 |
| 270 | ΚΑΛΑΜΑΚΙ | 1,2806 | 2,5 | -14,8 | Ca-Na-Cl | 0,06 | 10,43478 | 0,425 | 78,46154 | 2,468538238 |
| 24 | ΚΙΒΕΡΙ | 2,2307 | 3,6 | -28,8 | Ca-Na-Cl | 0,08 | 5,955556 | 0,787313 | 54,80519 | 1,666278799 |
| 250 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 0,43784 | 3,9 | -47,7 | Ca-Mg-Cl-SO4 | 0,5 | 1,121951 | 0,630435 | 33,46154 | 8,816964286 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 0,75261 | 3,6 | -36,9 | Ca-Na-Cl | 0,17 | 3,288889 | 0,486486 | 55,38462 | 4,965893588 |
| 604 | ΑΡΓΟΣ | 2,5332 | 3,8 | -23,9 | Ca-Na-Cl | 0,08 | 5,110236 | 0,764253 | 38,75 | 1,505503145 |
| 214 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 0,22001 | 3,2 | -66,7 | Ca- | 0,18 | 2,078947 | 0,493671 | 13 | 15,07142857 |
| 212 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 0,3975 | 3,9 | -36,7 | Ca-Cl | 0,49 | 3,192771 | 0,29434 | 30 | 9,627791563 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 0,28769 | 3,9 | -45,8 | Ca-Cl | 0,59 | 4,97619 | 0,272727 | 21,92308 | 12,96979866 |
| 303 | ΑΡΙΑ | 0,4885 | 28,5 | -70,1 | Mg-Ca- | 0,41 | 0,810036 | 1,154867 | 100,3846 | 21,65781487 |

Πίνακας 8.3: Υδροχημικός τύπος νερού, ιοντικό σφάλμα, ολική σκληρότητα, τιμές του SAR και ιοντικοί λόγοι των δειγμάτων

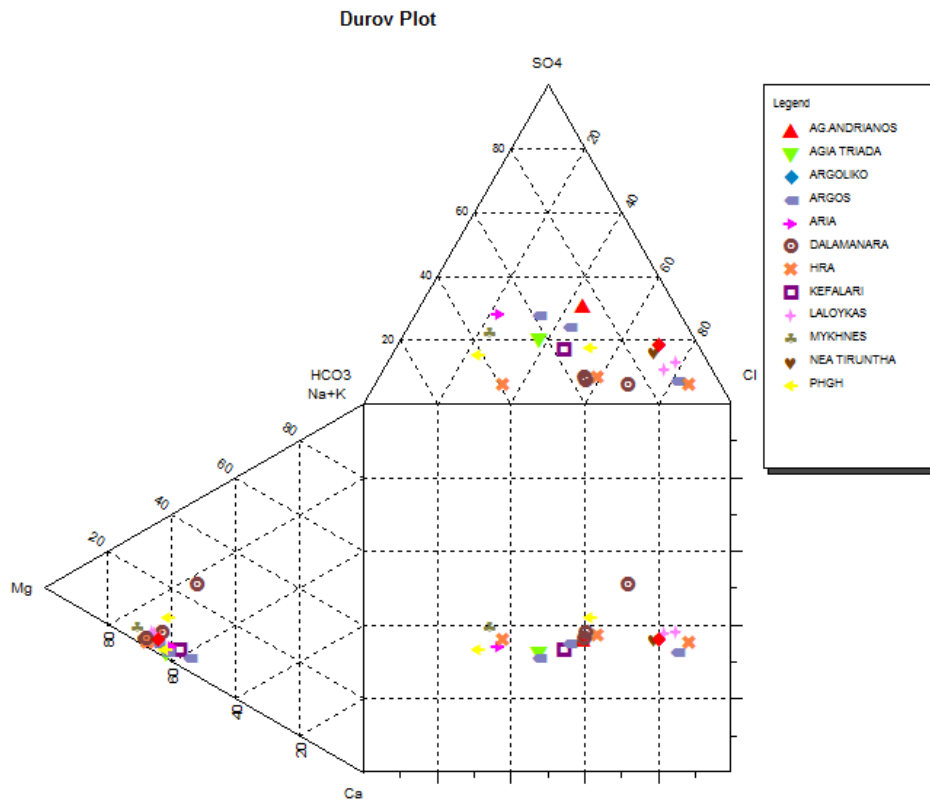
| | Ca(mg/l) | Na(mg/l) | Cl(mg/l) | EC(μS/cm) | NO3(mg/l) | SO4(mg/l) | T(°C) | pH | SAR |
|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| Min | 84 | 5 | 6 | 423 | 3 | 1 | 6 | 6 | 0 |
| Max | 2150 | 374 | 1930 | 6250 | 270 | 563 | 16 | 9 | 9 |
| Average | 390,491 | 57,377 | 247,925 | 1462,038 | 53,981 | 74,151 | 15,623 | 7,038 | 0,906 |
| St. Dev. | 397,65 | 68,266 | 358,228 | 1145,707 | 61,484 | 103,606 | 1,404 | 0,338 | 2,169 |

Πίνακας 8.4 : Στατιστική Επεξεργασία όλων των χημικών παραμέτρων

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε να εξαγάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα όπως:

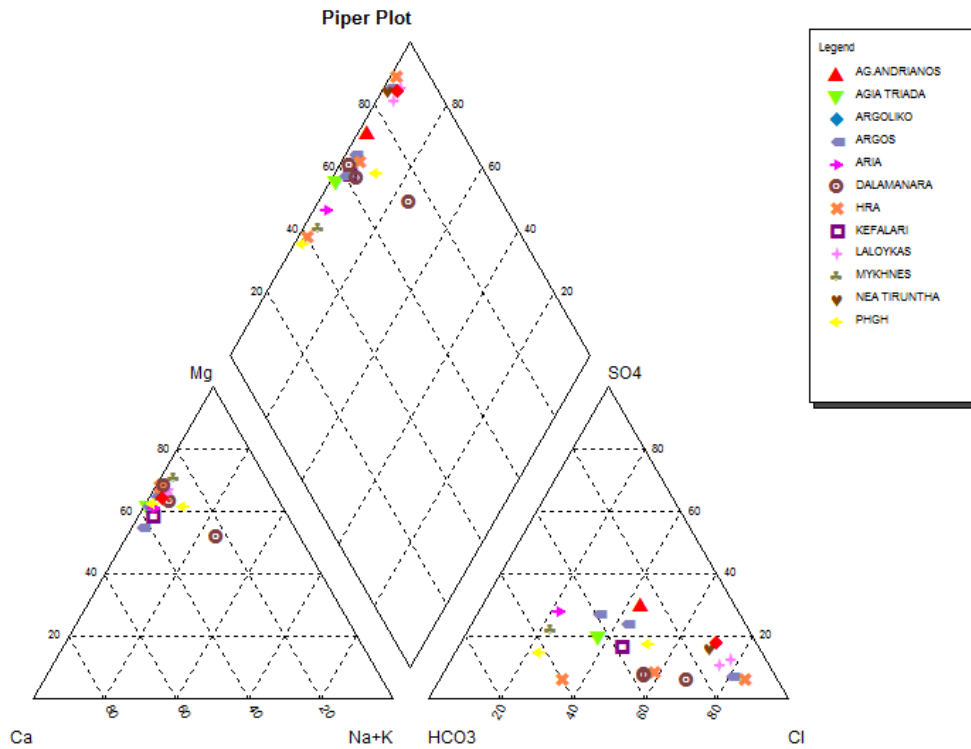
- ο συντελεστής μεταβλητότητας (το πηλίκο της μέσης τιμής δια της τυπικής απόκλισης) φανερώνει τη ευρεία διασπορά σχεδόν όλων των στοιχείων με εξαίρεση την θερμοκρασία, το pH και το δείκτη SAR.
- οι τιμές των χλωριόντων κυμαίνονται από 6 – 1930 mg/l, με μέση τιμή τα 248 mg/l.
- η μέση τιμή των θειικών ιόντων είναι ίση 74.151 mg/l ενώ αντίστοιχα των νιτρικών ιόντων 61.48 mg/l (αρκετά υψηλή τιμή).
- οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμαίνονται από (423 – 6250) μS/cm, με μεγάλη απόκλιση, που υποδηλώνει διακυμάνσεις κατά τόπους γύρω από τη μέση τιμή.

Αντίστοιχα στατιστικά συμπεράσματα μπορούμε να εξαγάγουμε για οποιαδήποτε χημικό στοιχείο ή παράμετρο μας ενδιαφέρει.



Σχήμα 8.8 : Διάγραμμα Durov περιόδου Νοεμβρίου 2014

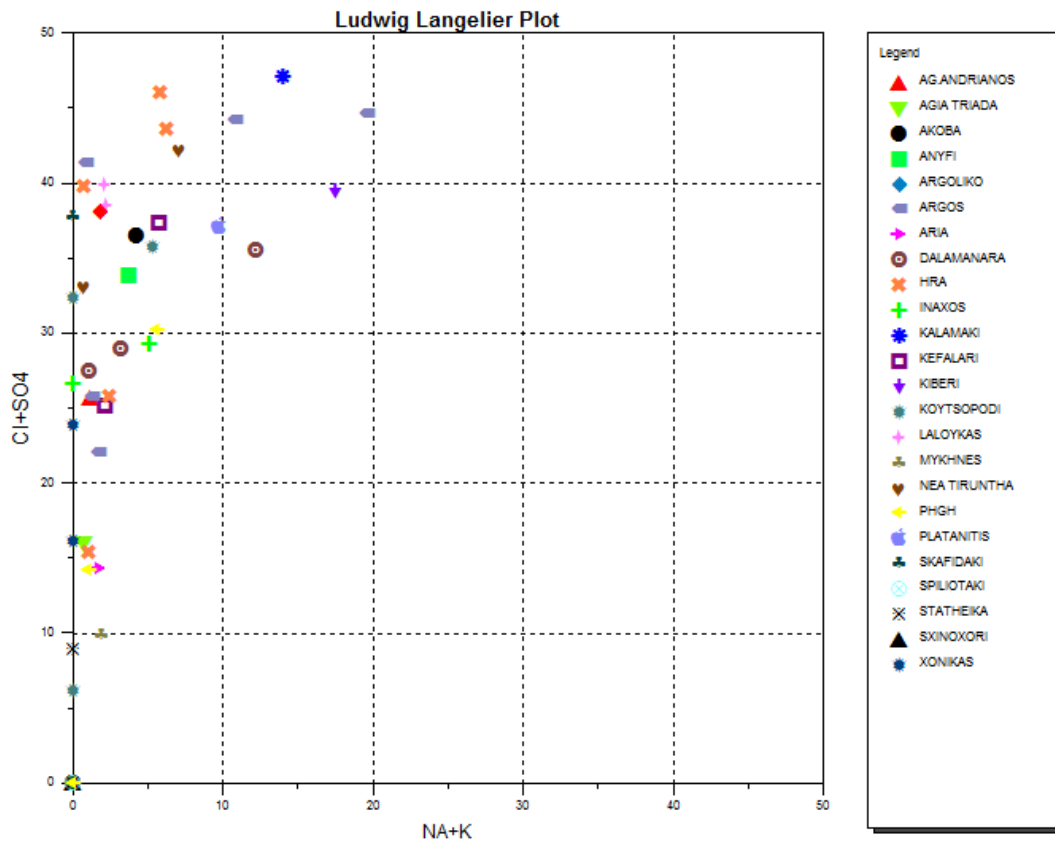
Από το διάγραμμα Durov λαμβάνουμε πληροφορίες που αφορούν την κύρια ιοντική συγκέντρωση στο νερό % (σημείο τομής), την κατηγορία νερού αλλά και την υδροχημική διεργασία. Παρατηρείται ότι τα περισσότερα δείγματα βρίσκονται κοντά ή πάνω στην κύρια διαγώνιο οπότε παρουσιάζουν απλή διάλυση ή μίξη ανιόντων και κατιόντων. Ιδιαίτερα για τα δείγματα των περιοχών Ήρας, Λάλουκα, Άργους και Άγιου Ανδριανού που βρίσκονται δεξιά της διαγωνίου πραγματοποιούνται ιοντικές ανταλλαγές.



Σχήμα 8.9: Διάγραμμα Piper περιόδου Νοεμβρίου 2014

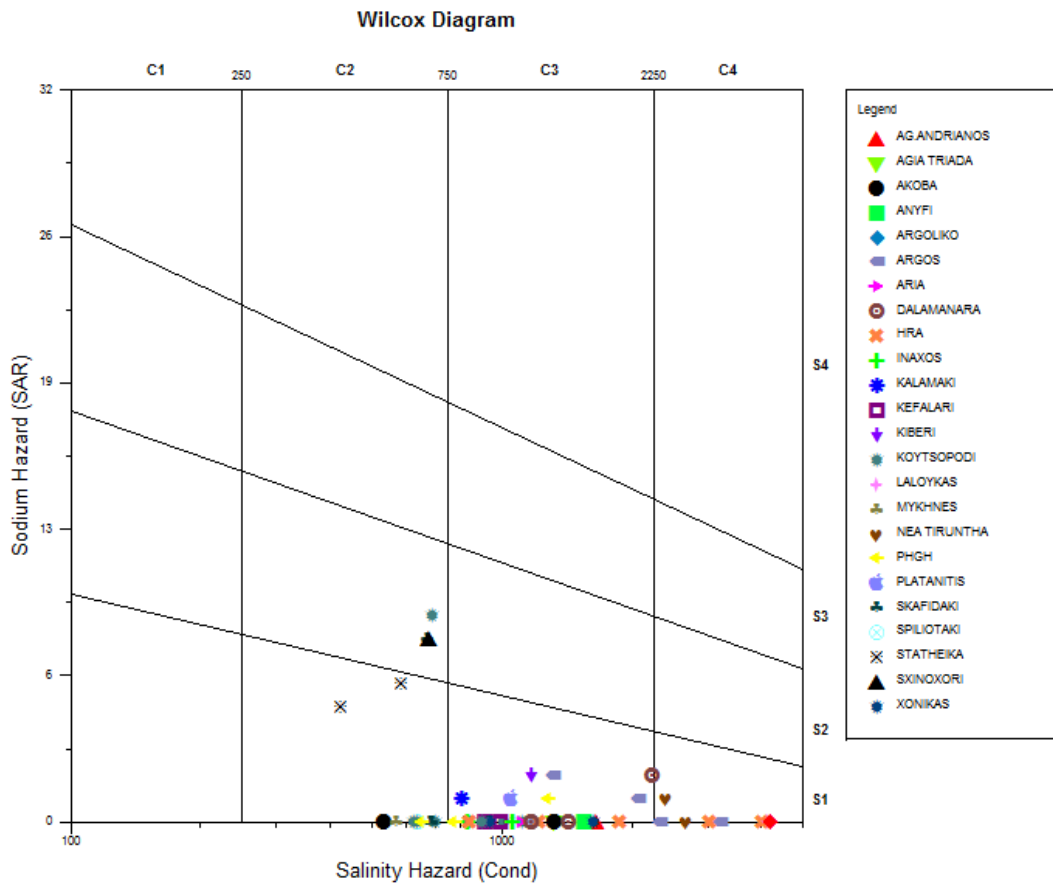
Η θέση του αντίστοιχου δείγματος νερού στο διάγραμμα αυτό το κατατάσσει σε μια κατηγορία ως προς α) τα κατιόντα/ανιόντα και β) ως προς το σύνολο. Γενικά δείχνει την υδροχημική φάση του δείγματος. Συγκεκριμένα για τα δείγματα που εξετάζονται προέκυψαν μέσω του διαγράμματος Piper τα παρακάτω :

- Όλα τα δείγματα ως προς τα κατιόντα χαρακτηρίζονται ως μαγνησιούχα.
- Γενικότερα τα νερά των δειγμάτων χαρακτηρίζονται ως ασβεστο – μαγνησιούχα, χλωριοθειικά και χλωριούχα.



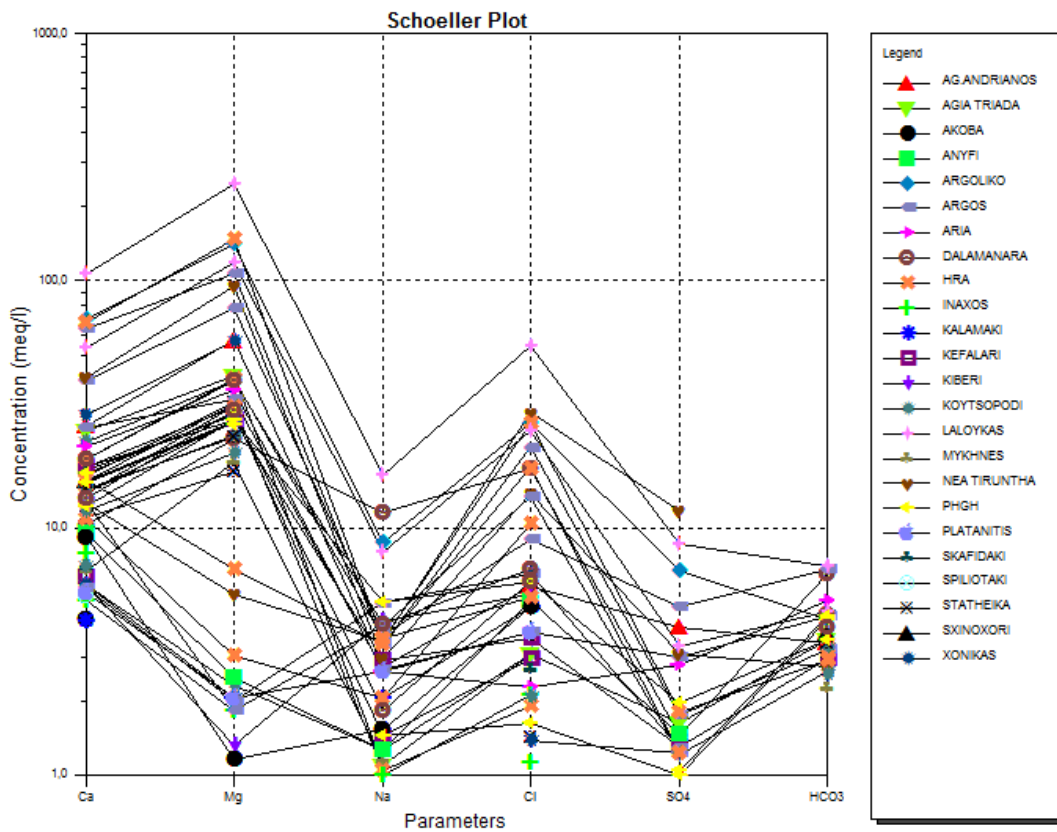
Σχήμα 8.10: Διάγραμμα Ludwig Langelier περιόδου Νοεμβρίου 2014

Το διάγραμμα αυτό εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλωριο-θειικό και καλιο-νατριούχο χαρακτήρα τους. Εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα ότι σχεδόν όλα τα δείγματα είναι ασβεστο-μαγνησιούχα εκτός από τρία - τέσσερα δείγματα στο Κιβέρι, το Άργος και το Καλαμάκι τα οποία είναι ανθρακικά.



Σχήμα 8.11: Διάγραμμα Wilcox περιόδου Νοεμβρίου 2014

Το διάγραμμα αυτό, αποτελεί μία σημαντική μέθοδο ελέγχου της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών. Χρησιμοποιεί το δείκτη S.A.R. και την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. Από το παραπάνω διάγραμμα διακρίνονται διάφορες κατηγορίες αρδευτικού νερού, οι οποίες είναι οι: **C3-S1, C2-S2, C2-S1, C4-S1** (αναλυτικά η κάθε κατηγορία περιγράφεται παραπάνω)



Σχήμα 8.12: Διάγραμμα Schoeller περιόδου Νοεμβρίου 2014

Στο συγκεκριμένο διάγραμμα χρησιμοποιείται η καμπυλότητα των γραμμών για τον χαρακτηρισμό του νερού σε γλυκό ή υφάλμυρο. Όταν η καμπύλη αυτή έχει το κυρτό μέρος προς τα επάνω το νερό είναι υφάλμυρο, ενώ όταν έχει το κοίλο το νερό είναι γλυκό. Τα περισσότερα δείγματα είναι με το κυρτό μέρος προς τα επάνω συνεπώς δείχνει ότι το νερό είναι υφάλμυρο.

8.5.2 Υδροχημικοί χάρτες

Στο σχήμα 8.12 φαίνονται οι θέσεις δειγματοληψίας όλων των γεωτρήσεων για την περίοδο του Νοεμβρίου 2014. Έγινε προσπάθεια να επιλεχθούν τα κατάλληλα σημεία υδροληψίας ώστε η χωρική τους κατανομή να επιτρέπει τον σχεδιασμό αξιόπιστων και ρεαλιστικών υδροχημικών χαρτών του Αργολικού πεδίου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι υδροχημικοί χάρτες των βασικών ιόντων του Αργολικού πεδίου θέλοντας έτσι να αποτυπώσουμε την υδροχημική σύσταση των υπόγειων νερών της περιοχής.

Στο σχήμα 8.13 παρατίθεται ο χάρτης κατανομής οξύτητας (pH). Το pH των νερών γενικά μειώνεται όσο η υδάτινη μάζα ενηλικιώνεται. Μια νέα υδάτινη μάζα είναι συνήθως αλκαλική (pH>7) και σιγά-σιγά με τον χρόνο γίνεται όξινη (pH<7). Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση οργανικού υλικού, που εκλύει CO₂ όταν αποσυντίθεται. Οι τιμές pH κυμαίνονται από 6.8 έως 9,94 (Γεώτρηση 175) με μέση τιμή 7.5. Επομένως τα νερά είναι γενικώς αλκαλικά με ελάχιστες εξαιρέσεις (pH<7).

Στο σχήμα 8.14 παρατίθεται ο χάρτης κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC). Στον παρακάτω χάρτη παρουσιάζεται η κατανομή των τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην περιοχή μελέτης. Στα σημεία δειγματοληψίας οι τιμές της ηλεκτρο - αγωγιμότητας είναι ιδιαίτερα υψηλές. Είναι προφανές πως οι υψηλές αυτές τιμές συνδέονται με την υπαλμύριση των υπόγειων νερών. Πράγματι, από τον χάρτη που παρατίθεται φαίνεται ότι στις συγκεκριμένες περιοχές υπάρχει υπερκμετάλλευση και εισροή θαλασσινού νερού στο υδροφόρο σύστημα. Οι τιμές κυμαίνονται από (423 – 6250) μS/cm με μέση τιμή 1462 (ιδιαίτερα υψηλή).

Στο σχήμα 8.15 παρατίθεται ο χάρτης κατανομής χλωριόντων (Cl⁻). Παρουσιάζονται ιδιαίτερα υψηλές τιμές χλωριόντων όχι μόνο στην παράκτια ζώνη αλλά σε μεγάλη ακτίνα στο εσωτερικό του Αργολικού κάμπου, τιμές που κυμαίνονται (6 – 1930) mg/l με μέση τιμή 248. Κατά αντιστοιχία με τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, η εμφάνιση των υψηλών τιμών συγκέντρωσης χλωριόντων στις περιοχές αυτές συνδέεται προφανώς με το φαινόμενο της διείσδυσης της θάλασσας στο Αργολικό πεδίο και δεν συνδέονται με την σύσταση των πετρωμάτων.

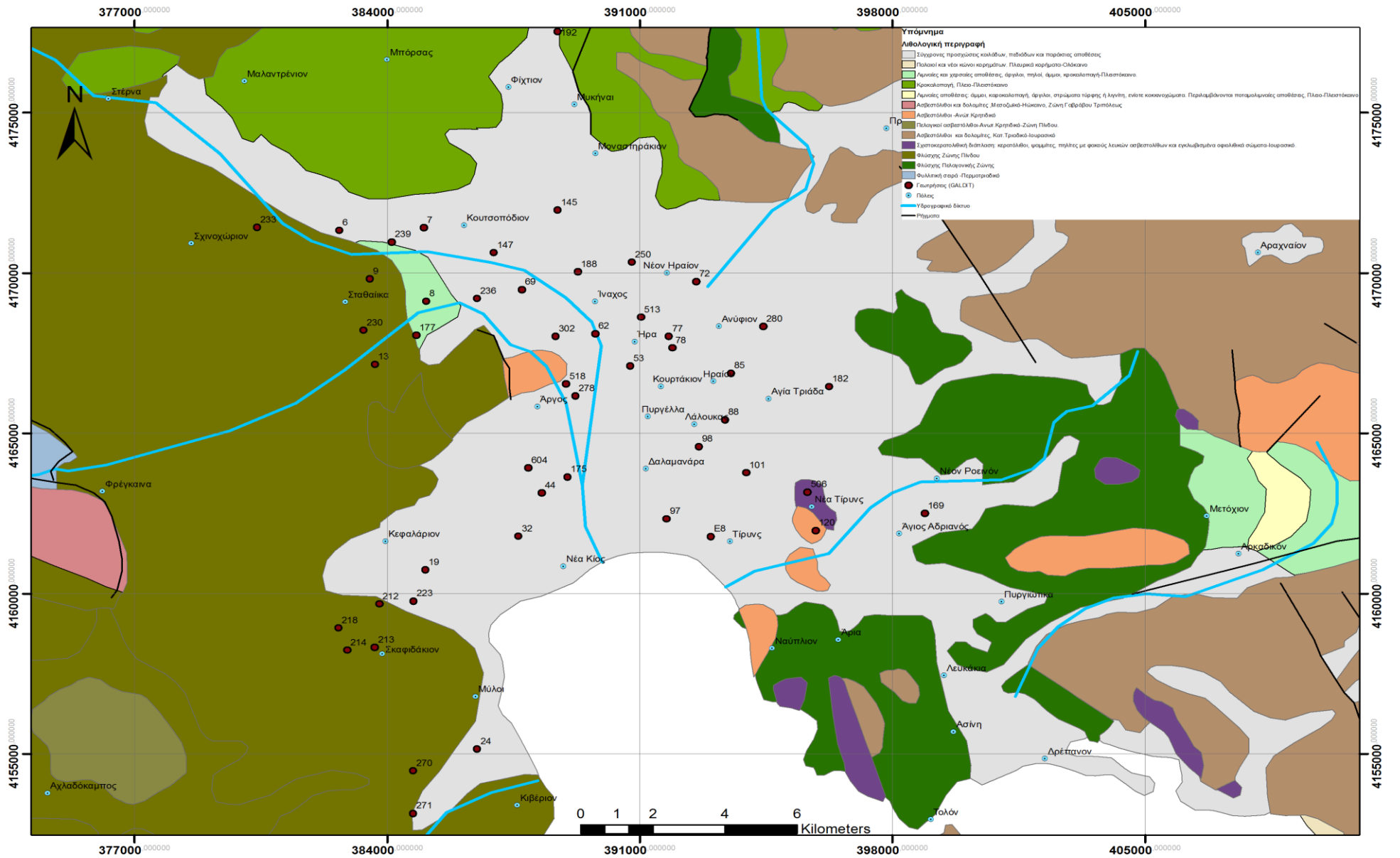
Στο σχήμα 8.16 παρατίθεται ο χάρτης κατανομής κατιόντων νατρίου (Na⁺). Το νάτριο συνδέει την παρουσία του με τους αστρίους και ειδικότερα με τα πλούσια σε Na μέλη των πλαγιοκλάστων όπως ο αλβίτης (NaAlSi₃O₈) και το ολιγόκλαστο. Απαντάται επίσης στις νατριούχους αμφιβόλους (γλαυκοφανή), στους νατρούχους πυροξένους (ιαδεΐτης), στον αλίτη (NaCl) και σε νατρούχους ζεόλιθους. Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης του νατρίου στα υπόγεια νερά είναι τα 20 mg/l (Βουδούρης, 2009). Οι τιμές νατρίου στην περιοχή μας κυμαίνονται από (5,4 – 374) mg/l με μέση τιμή 58. Η υψηλή

συγκέντρωση των νατρίων σε συνδυασμό και με αυξημένα χλωριόντα, υποδηλώνουν διείδυση θάλασσας στον Αργολικό κάμπο.

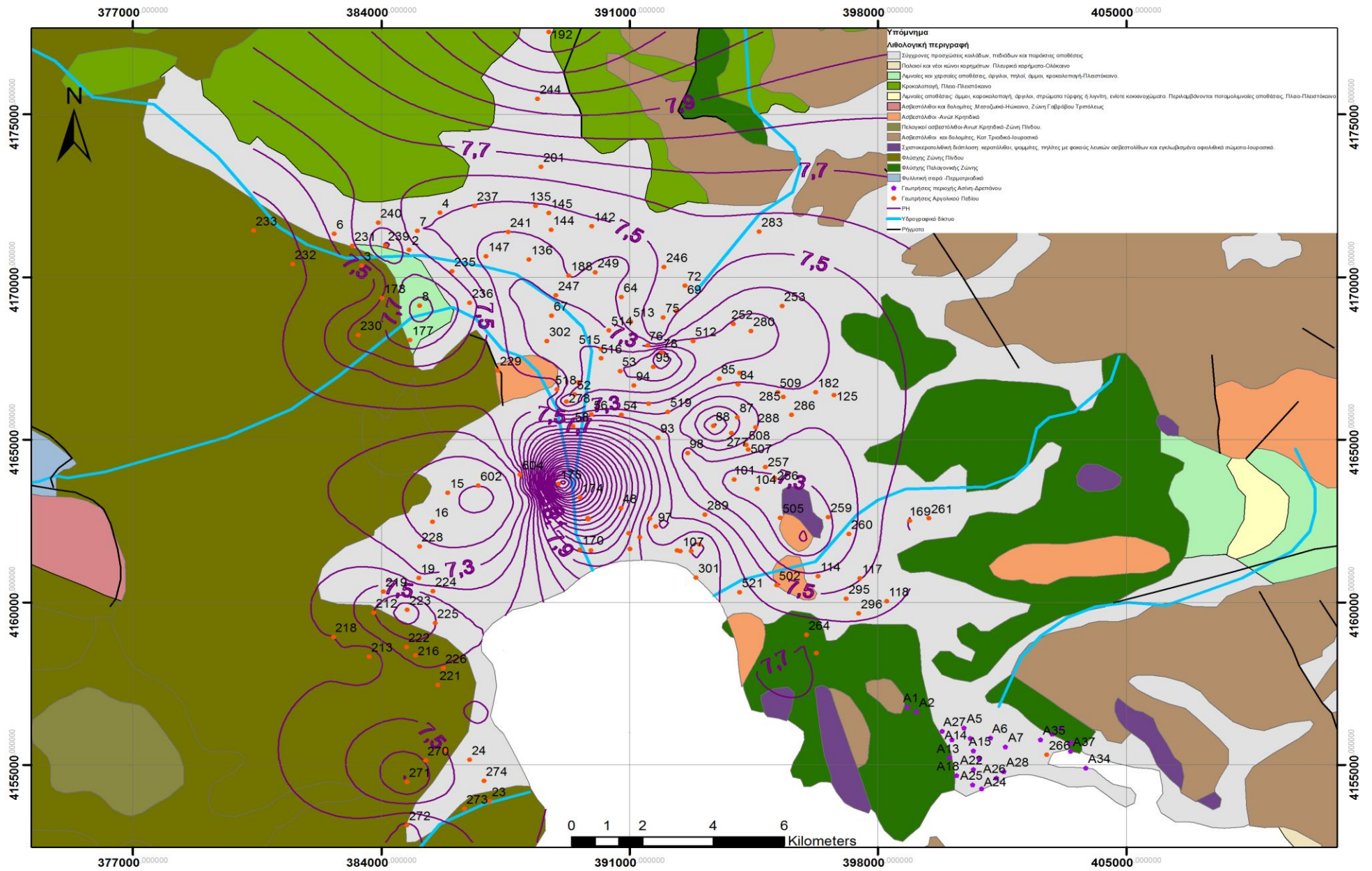
Στο σχήμα 8.17 παρατίθεται ο χάρτης κατανομής κατιόντων καλίου (K^+). Το κάλιο, όπως και το νάτριο, συνδέει την παρουσία του κυρίως με τους Κ-ούχους άστριους (σανίδιο ορθόκλαστο, μικροκλινής). Επίσης άλλα πλούσια σε κάλιο ορυκτά, όπως οι Κ-ούχοι μαρμαρυγίες (μοσχοβίτης, βιοτίτης), ο συλβίτης, ο καρναλίτης, ο πολυαλίτης μπορούν να συνεισφέρουν μέσω της διάλυσης τους την αυξημένη συγκέντρωση καλίου στα νερά. Οι τιμές καλίου στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται από (0,5 – 16,4)mg/l με μέση τιμή 2,24. Οι υψηλές συγκεντρώσεις που παρουσιάζονται σε ορισμένες γεωτρήσεις στο εσωτερικό του κάμπου οφείλονται κυρίως στη χρήση λιπασμάτων.

Στο σχήμα 8.18 παρατίθεται ο χάρτης κατανομής θειϊκών ανιόντων (SO_4^{2-}). Κύρια προέλευση των θειϊκών ανιόντων είναι η διάλυση της γύψου και του ανυδρίτη. Περιεκτικότητα **μεγαλύτερη από 250 mg/L** σε θειϊκά ιόντα καθιστά τη χρήση των νερών προβληματική για πόση (προσδίδει γεύση) και βιομηχανική χρήση. Οι τιμές των θειϊκών ανιόντων στην περιοχή μας κυμαίνονται από (1 – 563) mg/l με μέση τιμή 74. Στα φυσικά νερά τα θειϊκά ιόντα δε ξεπερνούν τα 300 mg/l. Η πιθανή υπέρβαση της συγκέντρωσης αυτής σε ορισμένες γεωτρήσεις οφείλεται κυρίως σε φαινόμενα ρύπανσης τόσο από λιπάσματα όσο και από άλλες βιομηχανικές εργασίες.

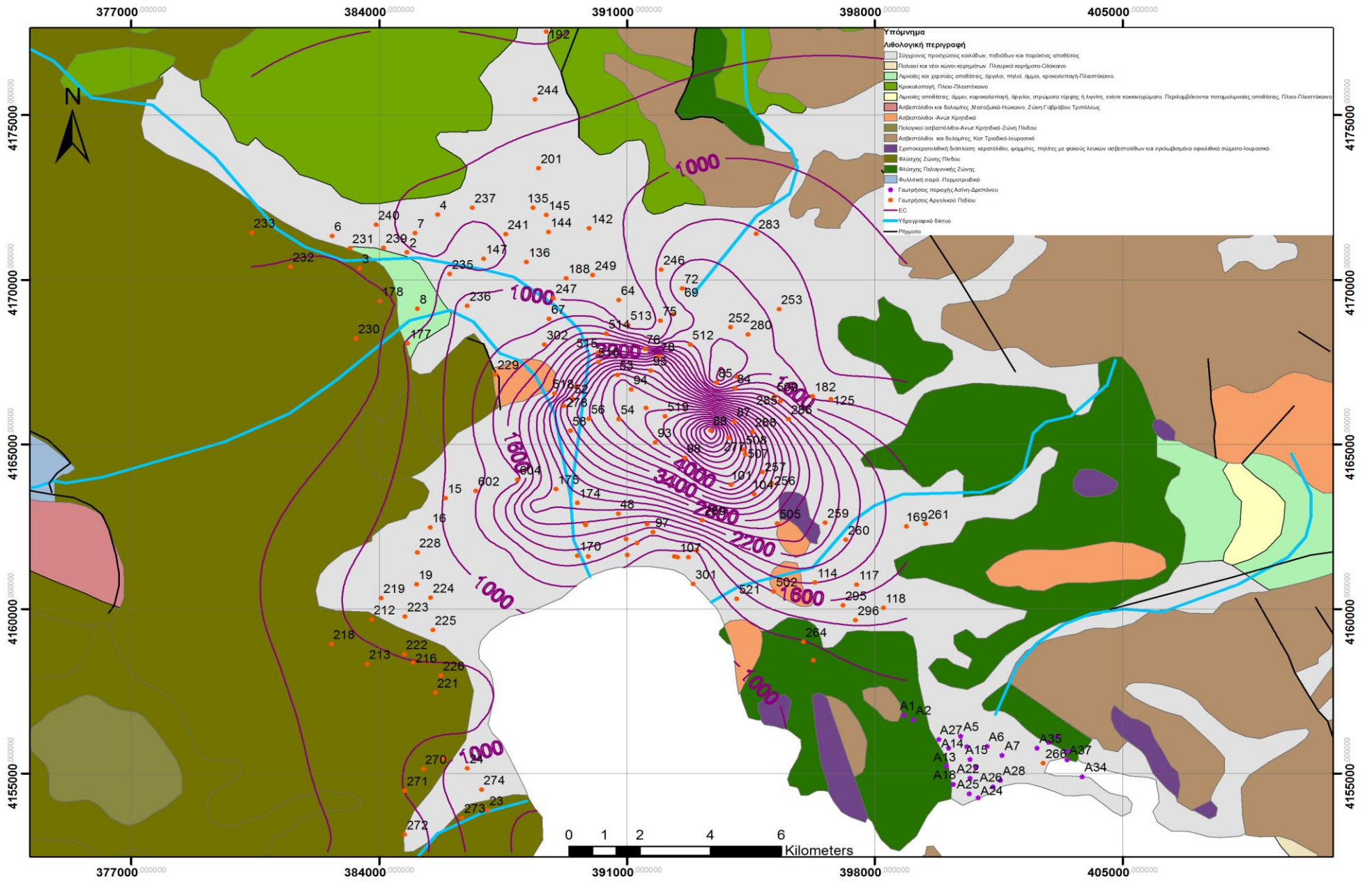
Τέλος στο σχήμα 8.19 παρατίθεται ο χάρτης κατανομής νιτρικών ιόντων (NO_3^-). Τα νιτρικά ιόντα είναι το τελικό προϊόν της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων, όπως φυτικής και ζωικής πρωτεΐνης. Μπορεί να προέρχεται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή προηγούμενη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Είναι λογικό να αναμένουμε οι υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται σε περιοχές με έντονη γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα. Μεγάλη περιεκτικότητα σε νιτρικό ανιόν υποδηλώνει την παρουσία βιολογικών ρύπων ή επίδραση ή ανάμειξη με νερά άρδευσης από λιπαινόμενες γαίες. Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό έχει καθορισθεί σε **50 mg/L**, ενώ το επιθυμητό όριο είναι 25 mg/L. Οι τιμές κυμαίνονται από (3,1 – 270) mg/l με μέση τιμή 55 ενώ το ποσοστό των δειγμάτων που υπερβαίνουν το όριο των 50mg/l αγγίζει το 45% (27 στα 60) Όπως διαπιστώνουμε παρουσιάζονται υψηλές τιμές νιτρικών κάτι που ήταν αναμενόμενο λόγω της έντονης γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας του Αργολικού πεδίου. Στο παράρτημα της μεταπτυχιακής εργασίας παρατίθενται και υδροχημικοί χάρτες της περιοχής Ασίνης – Δρεπάνου, μιας ιδιαίτερα ευαίσθητης περιοχής στη θαλάσσια διείδυση, όπου εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια τεχνητός εμπλουτισμός



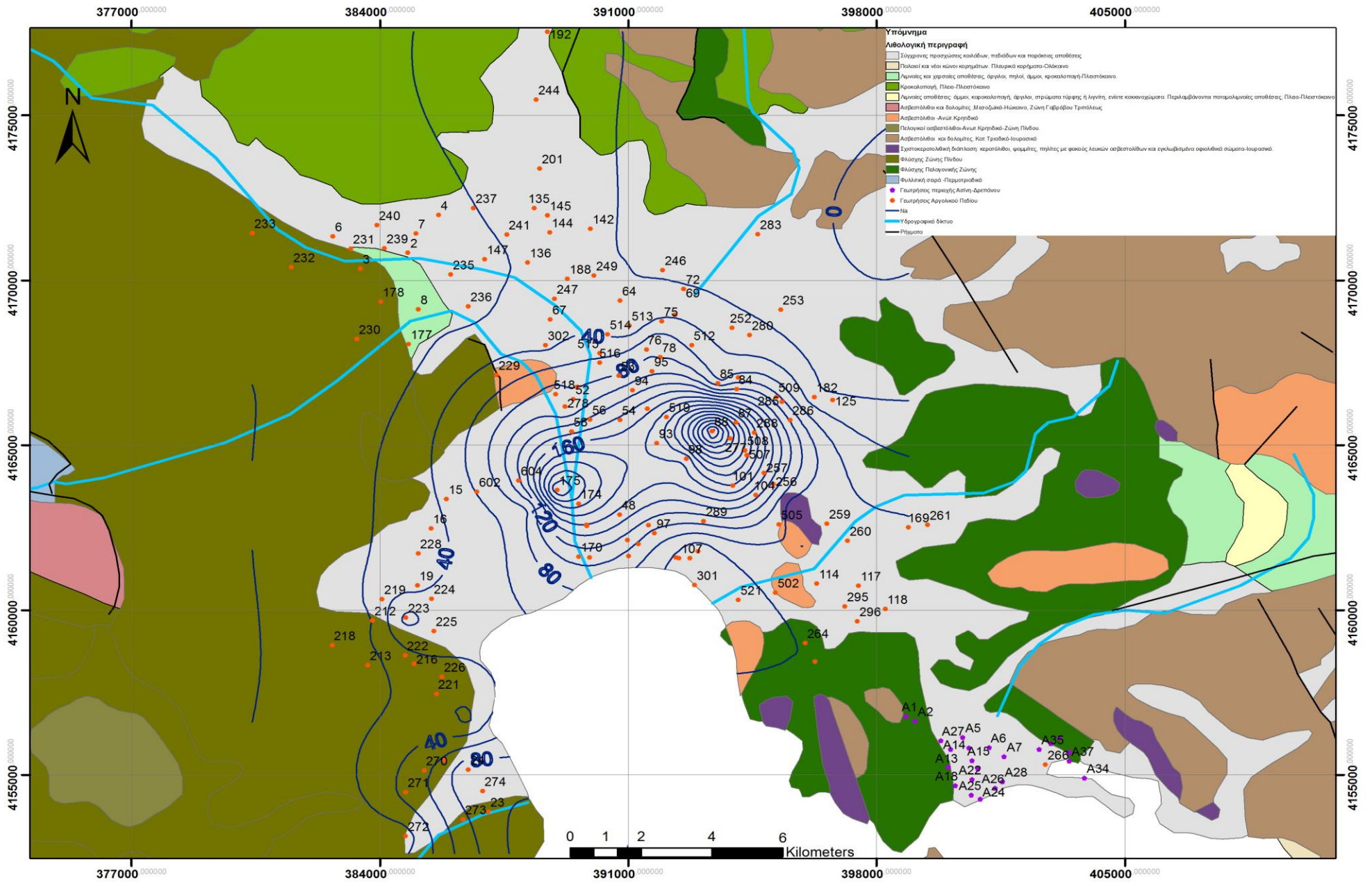
Σχήμα 8.12: Χάρτης θέσεων δειγματοληψίας



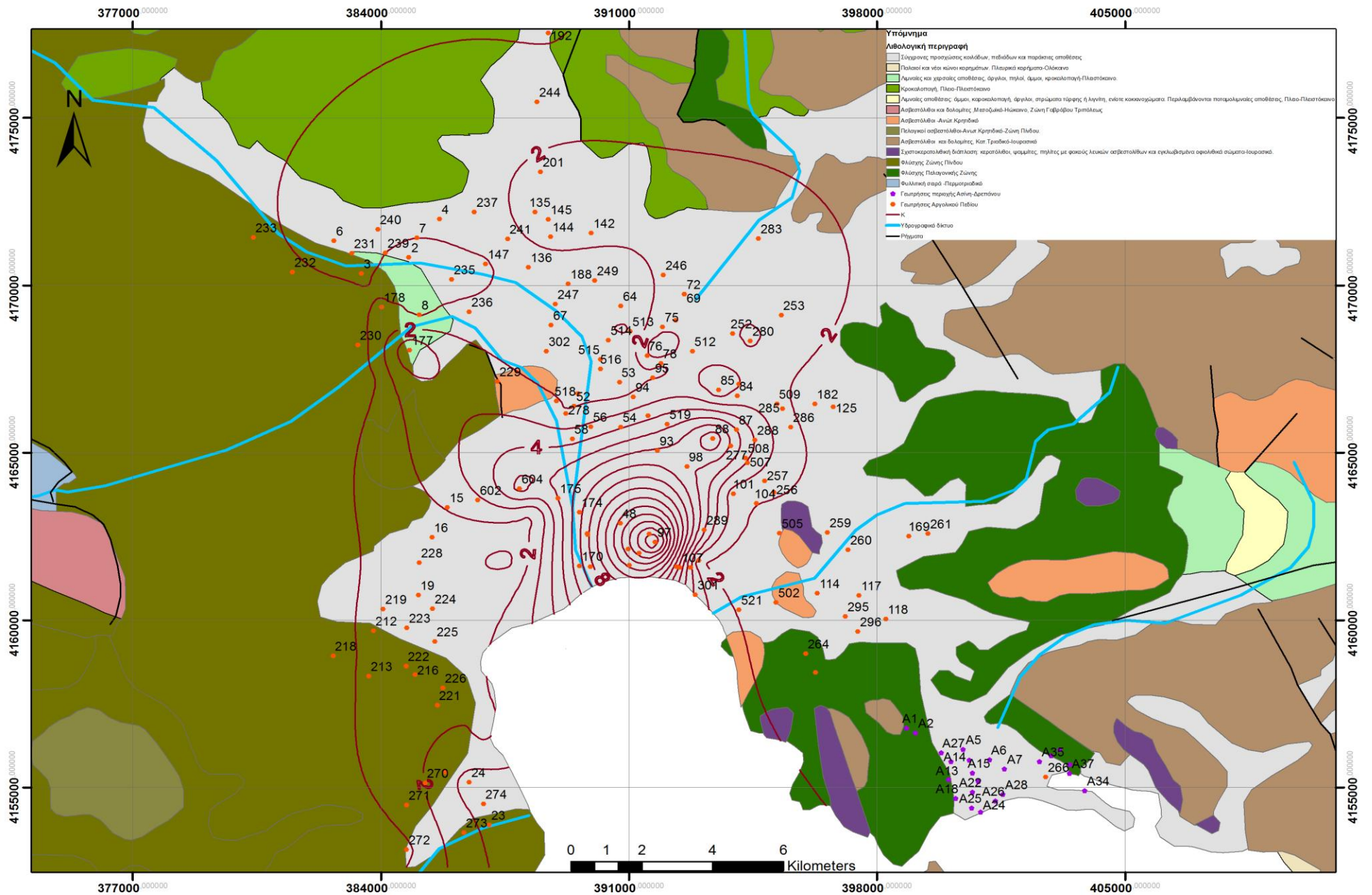
Σχήμα 8.13: Χάρτης κατανομής της οξύτητας pH



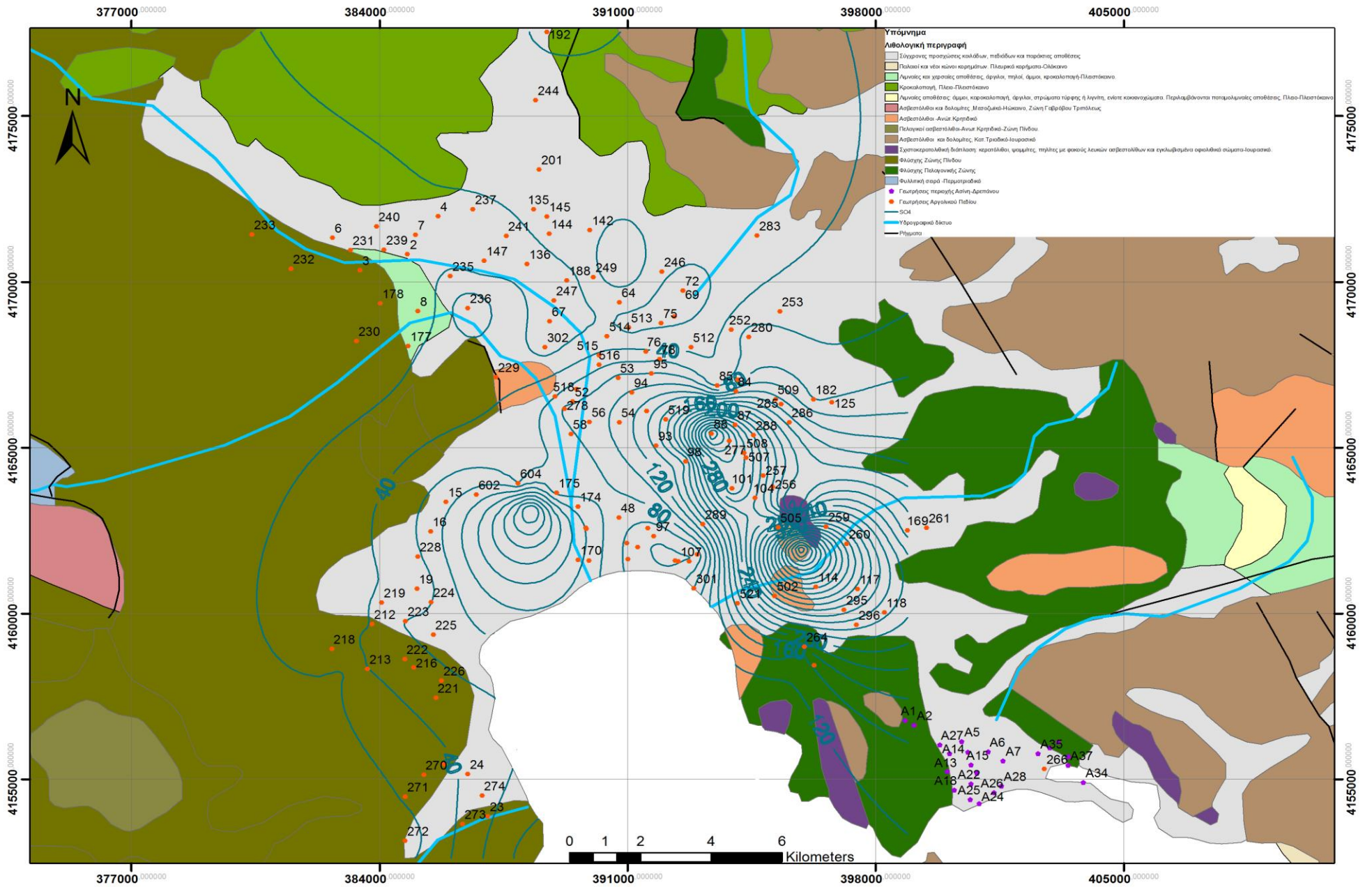
Σχήμα 8.14: Χάρτης κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC



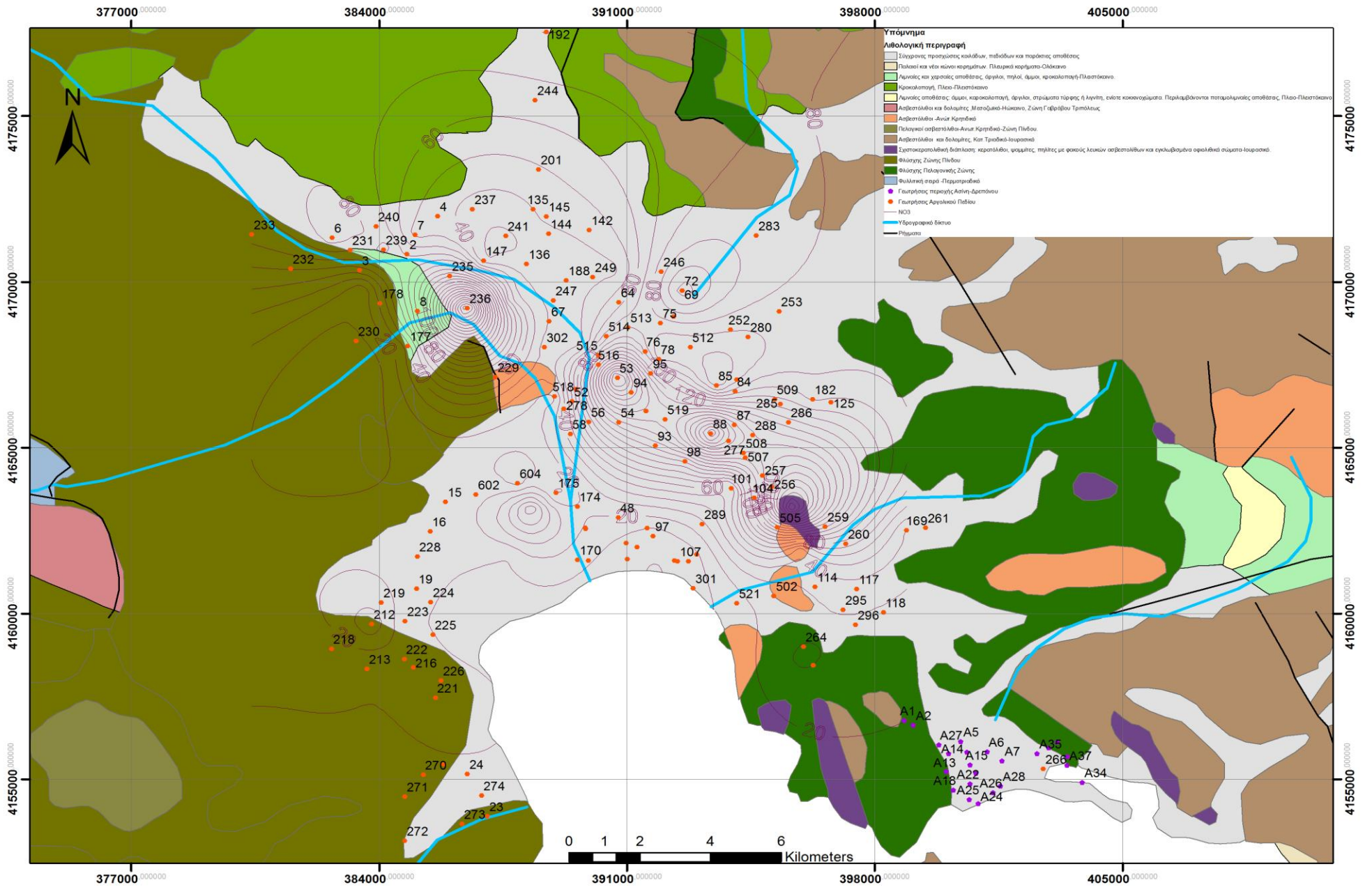
Σχήμα 8.16: Χάρτης κατανομής κατιόντων Na⁺



Σχήμα 8.17: Χάρτης κατανομής κατιόντων K^+



Σχήμα 8.18: Χάρτης κατανομής θειικών ιόντων SO_4^{2-}



Σχήμα 8.19: Χάρτης κατανομής νιτρικών ιόντων NO_3^-

Τα συμπεράσματα από την μελέτη των υδροχημικών χαρτών είναι τα εξής:

- Τα νερά είναι γενικώς αλκαλικά, με ελάχιστες εξαιρέσεις ($\text{pH} < 7$).
- Πολύ υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, με εξαίρεση τις περιμετρικές ζώνες τροφοδοσίας των υδροφορέων.
- Τα χλωριόντα είναι σε υψηλές συγκεντρώσεις σε πολύ μεγάλο τμήμα της πεδιάδας. Στις περιμετρικές όμως ζώνες τροφοδοσίας και εμπλουτισμού η υφαλμύρωση έχει μειωθεί σημαντικά. Η ισοχλώρια καμπύλη των 100-150mg/l Cl^- αφήνει πάνω από το μισό της έκτασης του Αργολικού πεδίου με χαμηλότερες συγκεντρώσεις.
- Στα ίδια συμπεράσματα οδηγούν και οι κατανομές των ιόντων Na.
- Η νιτρορύπανση είναι υψηλή. Σε σημαντικής έκτασης περιοχές υπάρχουν υπερβάσεις της τιμής των 50mg/l. Σε 27 γεωτρήσεις από τις 60 η τιμή NO_3^- είναι μεγαλύτερη από 50mg/l (ποσοστό 45%).

Για την περιοχή της Ασίνης – Δρεπάνου η κατάσταση είναι παρόμοια. Η αγωγιμότητα και τα χλωριόντα έχουν υψηλές τιμές λόγω εμμονής της υφαλμύρωσης, παρά το γεγονός ότι δεν παρατηρούνται αρνητικές τιμές στις υδροστατικές στάθμες σύμφωνα με τις πρόσφατες μετρήσεις (Οκτώβριος 2014). Επίσης οι συγκεντρώσεις NO_3^- είναι >50 mg/l στο 50% των δειγμάτων.

9. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ GALDIT

9.1 Τρωτότητα υπόγειων υδροφορέων

(Κύριες Βιβλιογραφικές Πηγές: Βουδούρης, 2009, Καλλέργης, 2000, Καλλιώρας, 2008).

Τρωτότητα ή ρυπαντική επιδεκτικότητα ή ευαλωσιμότητα (vulnerability) υπόγειων νερών ή υδροφορέων είναι η ευαισθησία ή η επιδεκτικότητα απέναντι στους ρύπους. Την έννοια εισήγαγε για πρώτη φορά ο Margat το 1968 προκειμένου να εκφράσει τον βαθμό προστασίας που προσφέρει το φυσικό περιβάλλον εναντίον της ρύπανσης των υπόγειων νερών. Οι βασικές παράμετροι που έλαβε υπόψη ο Margat ήταν το βάθος του υπόγειου νερού, η διαπερατότητα, η ταχύτητα του υπόγειου νερού και η σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών. Έκτοτε, έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί για τον προσδιορισμό της έννοιας.

Οι Olmer & Rezac (1974) ορίζουν την τρωτότητα «ως τον βαθμό έκθεσης των υπόγειων νερών σε κίνδυνο υποβάθμισης από φυσικές ουσίες». Οι Villumsen et al. (1983) θεωρούν την ποιότητα των υπόγειων νερών ως δείκτη τρωτότητας και δίνει έμφαση στη δυναμική των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν αυτή. Οι Bachmat & Collin (1987) όρισαν την τρωτότητα ως «την ευαισθησία της ποιότητας των υπόγειων νερών σε επιπτώσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως καταδεικνύεται από τις αλλαγές της ποιότητας των υπόγειων νερών».

Η έννοια της τρωτότητας βασίζεται στην παραδοχή ότι το φυσικό περιβάλλον μπορεί να προστατεύσει σε κάποιο βαθμό το υπόγειο νερό. Συνεπώς κάποιες περιοχές είναι πιο ευάλωτες από κάποιες άλλες. Η τρωτότητα περιγράφει την ευκολία με την οποία ένας ρύπος, που εισάγεται στην επιφάνεια του εδάφους, μπορεί να φθάσει στον υδροφόρο κάτω από συγκεκριμένες πρακτικές διαχείρισης των χρήσεων γης σε μια περιοχή, με καθορισμένα χαρακτηριστικά του ρύπου και της ευαισθησίας του υδροφορέα. Έτσι η τρωτότητα του υπόγειου νερού είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του υδροφόρου συστήματος, της απόστασης από την πηγή ρύπανσης, των χαρακτηριστικών του ρύπου και άλλων παραγόντων που μπορεί πιθανά να αυξήσουν το ρυπαντικό φορτίο του συγκεκριμένου ρυπαντή.

Η τρωτότητα διακρίνεται σε *ειδική* (specific) που αναφέρεται σε συγκεκριμένο ρυπαντή ή ομάδα ρυπαντών και σε *γενική ή ιδιοτρωτότητα* (intrinsic) που σχετίζεται αποκλειστικά με τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα και του υπερκείμενου εδάφους, χωρίς εξειδίκευση σε κάποιο ρυπαντή.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την ισχύ των ρυπαντών για να εισχωρήσουν στον υδροφορέα είναι;

- Η κοκκομετρία
- Η εδαφοχημική σύσταση των υλικών της ακόρεστης ζώνης
- Το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα
- Ο ρυθμός εμπλουτισμού του υπογείου νερού
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της βιοδιάσπασης (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία)

Η έννοια της τρωτότητας σχετίζεται όχι μόνο με το είδος της ρύπανσης που πλήττει έναν υδροφορέα αλλά και με τη ποσότητα και την έκταση αυτής άλλα και με την επίδραση των καιρικών φαινομένων(π.χ. ξηρασία ενός υδροφόρου).

Η ακόρεστη ζώνη παίζει σημαντικό ρόλο στη τρωτότητας ενός υδροφόρου αφού καθορίζει τη κίνηση του νερού φιλτράροντας το και απομακρύνοντας βακτηρίδια και μικροοργανισμούς, συμβάλλοντας έτσι στο περιορισμό της μόλυνσης του νερού που τελικά θα φτάσει στον υδροφόρο. Ο βαθμός φιλτραρίσματος εξαρτάται από τη λιθολογία, τη κοκκομετρία και το πάχος της ακόρεστης ζώνης καθώς και από τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε ρύπου.

Σύμφωνα με το Στουρνάρα (1997), τα στάδια αντιμετώπισης της τρωτότητας είναι:

- Το στάδιο της δυνητικής εισόδου του ρύπου στο υδατικό σύστημα, που συνδέεται με τις υδρογεωλογικές συνθήκες και τη συμπεριφορά του ρύπου
- Το στάδιο παραμονής του ρύπου στο υδατικό σύστημα, που συνδέεται με τις φυσικοχημικές ιδιότητες του ρύπου και τις υδρογεωλογικές και υδραυλικές συνθήκες του υδροφορέα.
- Το στάδιο άφιξης του ρύπου στο υδροληπτικό έργο, εφόσον γίνεται εκμετάλλευση του υδροφορέα.

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου, σε πολλές χώρες έχει γίνει προσπάθεια χαρτογράφησης της τρωτότητας. Αποτελούν μία ειδική κατηγορία υδρογεωλογικών χαρτών και πρέπει να ενημερώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα εξαιτίας της συνεχόμενης μεταβολής του ρυπαντικού φορτίου και της γενικότερης κατάστασης ενός υδροφορέα. Οι πληροφορίες που χρειάζονται για τον υπολογισμό της τρωτότητας ενός υδροφόρου στρώματος συλλέγονται από σταθμούς ελεγχου που έχουν εγκατασταθεί ύστερα από υδρογεωλογική έρευνα. Οι βασικές πληροφορίες για τη χαρτογράφηση της τρωτότητας των υπόγειων νερών, όπως έχουν διατυπωθεί από το Καλλέργη(2009),

παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.1.

Για τη ποσοτικοποίηση της τρωτότητας ενός υδροφορέα, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που βασίζονται κυρίως στα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα (είδος, πάχος ακόρεστης ζώνης, κοκκομετρία, κ.α.). Οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για την εκτίμηση της τρωτότητας διακρίνονται σε:

- Μέθοδοι Βαθμονόμησης, π.χ. DRASTIC (Alleret al., 1987), GOD(Foster,1987), SEEPAGE (Moore & John,1990) κ.α.
- Στατιστικές Μέθοδοι (απλή περιγραφική στατιστική των συγκεντρώσεων διαφόρων ρυπαντών και ανάλυση συσχέτισης)
- Μέθοδοι Προσομοίωσης (επιλύουν αριθμητικά τις εξισώσεις κίνησης του υπόγειου νερού, π.χ. MODFLOW, MT3D

| ΠΕΔΙΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ | ΤΥΠΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ |
|----------------------------------|--|
| ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ | Υψόμετρα, μεταβολές μορφολογιών κλίσεων, πυκνότητα και κατανομή υδρογραφικού δικτύου. |
| ΒΛΑΣΤΗΣΗ | Χρήσεις γης, διαδρομές υπεδαφικού νερού, περιοχές τροφοδοσίας και εκφόρτισης, ιχνογράφηση ασυνεχειών και γραμμικών στοιχείων. |
| ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ | Βροχομετρικά δεδομένα, μέση θερμοκρασία αέρα, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, εξατμισοδιαπνοή, εκτίμηση της ενεργής βροχόπτωσης. |
| ΕΔΑΦΗ | Πάχη, ιστός, δομή, ορυκτολογική σύσταση, χημικές και φυσικές ιδιότητες, πορώδες, διαπερατότητα, υγρασία, ικανότητα κατείσδυσης. |
| ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ | Παροχές υδρορευμάτων, ανάλυση υδρογραφημάτων, βασική ροή, λόγος ροής, ανταλλαγές νερού με υποκείμενα υδροφόρα συστήματα. |
| ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ | |
| Α. ΑΚΟΡΕΣΤΗ ΖΩΝΗ | Βάθος υπόγειου νερού, πάχος, λιθοστρωματογραφία, ορυκτολογία, γεωμετρία, δείκτης ρωγμών, δείκτης ανάπτυξης καρστ, ενεργό πορώδες και βαθμός κορεσμού, ταχύτητα ροής, ρυθμός κατείσδυσης, τροφοδοσία. |

| | |
|--------------------------------------|---|
| <i>B. ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ</i> | Λιθοστρωματογραφία, γεωλογική δομή, γεωμετρία, ενεργό πορώδες, τύπος διαπερατότητας (πρωτογενές ή δευτερογενές πορώδες), μεταβιβαστικότητα, αποθηκευτικότητα και υδραυλική αγωγιμότητα των υδροφόρων οριζόντων, τύπος υδροφορέα. |
| ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ | Σημεία υδροληψίας (πηγές, γεωτρήσεις) και θέσεις υδροληπτικών έργων, επιφανειακοί και υπόγειοι υδατικοί πόροι, κατανομή τους και χρήση, παροχή και πτώσεις στάθμης των υδροφόρων πεδίων, θέση και ρυθμοί τροφοδοσίας των διαφόρων συστημάτων. |
| ΧΗΜΕΙΑ | |
| <i>A. ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ</i> | Φυσικές και χημικές ιδιότητες επιφανειακών και υπόγειων νερών, χημικοί δείκτες, ισότοπα, ηλικία υπόγειου νερού και χρόνος παραμονής του στα υδροφόρα, χαρακτηριστικοί λόγοι, κατανομή ποιότητας επιφανειακών και υπόγειων νερών. |
| <i>B. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΥΠΩΝ</i> | Αλλαγές στην ποιότητα του υπόγειου νερού, παρουσία ρύπων, φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά ρύπων, συγκέντρωση, ημιζωή, κινητικότητα, ικανότητα ιοντο-ανταλλαγής, προσρόφησης, βιοαποδόμησης κ.ά. |
| ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | Έκταση αστικών περιοχών, θέση και τύπος των βιομηχανιών, παρουσία ρυπογόνων πηγών, δυνητικοί εισοδοί ρύπων. |

Πίνακας 9.1: Πληροφορίες που απαιτούνται για τη χαρτογράφηση της τρωτότητας των υπόγειων νερών (Καλλέργης, 2000)

9.2 Γενική περιγραφή της μεθόδου

Η συνεχής ανθρωπογενής παρέμβαση στο φυσικό περιβάλλον, συμπεριλαμβάνει και τη συνεχή εκμετάλλευση των υπόγειων αποθεμάτων νερού. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης έχει οδηγήσει στην εισχώρηση του θαλασσινού νερού στους υδροφορείς των παράκτιων υδρολογικών συστημάτων και επομένως στη μόλυνση του υπόγειου νερού. Η πτώση της στάθμης των υπογείων νερών ως προς το μέσο ύψος της θάλασσας επηρεάζει σημαντικά την εισβολή της θαλάσσιας διείσδυσης προς την ενδοχώρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η πτώση στη στάθμη των υπόγειων νερών, τόσο περισσότερο διεισδύει η θάλασσα. Οι συνεχείς κλιματικές αλλαγές των τελευταίων δεκαετιών έχουν οδηγήσει στη τήξη των πολικών πάγων και επομένως την ανύψωση της

θαλάσσιας στάθμης, γεγονός που ευνοεί ακόμη περισσότερο την εισχώρηση του θαλασσινού νερού στα παράκτια υδρολογικά συστήματα.

Ο δείκτης GLADIT αναπτύχθηκε από τους Chachadi και Lobo-Ferreira το 2001 και τροποποιήθηκε το 2005. Πρόκειται για μία μέθοδο εκτίμησης της τρωτότητας ενός παράκτιου υδροφόρου, ως προς την υφαλμύριση, και βασίζεται στα εγγενή χαρακτηριστικά του υδροφόρου που μένουν σχεδόν σταθερά και ανεπηρέαστα από την ανθρώπινη επέμβαση. Έτσι η τρωτότητα ενός υδροφόρου ορίζεται ως «η ευαισθησία της ποιότητας του υπόγειου νερού στην επιβολή άντλησης, ανύψωση της στάθμης της θάλασσας ή και των δύο στη παράκτια ζώνη, που καθορίζεται από τα εγγενή χαρακτηριστικά του υδροφόρου» (Lobo-Ferreira et al., 2005).

Τα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του δείκτη GALDIT είναι:

- Ο τύπος του υδροφόρου στρώματος (**G**roundwater occurrence- Aquifer type)
- Η υδραυλική αγωγιμότητα του υδροφόρου (**A**quifer hydraulic conductivity)
- Το υδραυλικό φορτίο πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (Height of groundwater **L**evel above the sea)
- Η απόσταση από την ακτή (**D**istance from the shore)
- Η υφιστάμενη κατάσταση υφαλμύρισης στη περιοχή (**I**mpact of existing status of seawater intrusion in the area)
- Το πάχος του υδροφόρου (**T**hickness of the aquifer)

Η ονομασία GALDIT προέρχεται από τα τονισμένα, υπογραμμισμένα γράμματα των αγγλικών όρων κάθε παραμέτρου-δείκτη.

Οι παράμετροι είναι οι βασικές προϋποθέσεις για την αξιολόγηση του δυναμικού της θαλάσσιας διείσδυσης για κάθε παράκτια ζώνη.

Στατικές παράμετροι που παραμένουν αμετάβλητες κατά τη διάρκεια των χρόνων θεωρούνται ο τύπος του υδροφορέα, η υδραυλική αγωγιμότητα, η απόσταση του σημείου εξέτασης από την ακτή και το πάχος του υδροφόρου. Αντιθέτως, δυναμικές είναι η υφιστάμενη κατάσταση υφαλμύρισης στη περιοχή και το υδραυλικό φορτίο.

Οι παράμετροι περιγράφονται από τρία *σημαντικά τμήματα*: βαρύτητες, διακυμάνσεις και βαθμονομήσεις.

Ανάλογα με τη σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, καθορίζεται και η βαρύτητα της για το προσδιορισμό της τρωτότητας του υδροφορέα. Το εύρος της βαρύτητας κυμαίνεται μεταξύ 1 και 4 (οι κρίσιμότερες παράμετροι έχουν βαρύτητα 4).

Εκτός της βαρύτητας, κάθε παράμετρος βαθμονομείται ανάλογα με τη κατάσταση του υδροφόρου σε συγκεκριμένα σημεία (θέσεις γεωτρήσεων). Η κλίμακα βαθμονόμησης κυμαίνεται μεταξύ 1 και 10. Όσο ψηλότερη είναι η βαθμονόμηση, τόσο μεγαλύτερη είναι η τρωτότητα του υδροφόρου στη θαλάσσια διείσδυση. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι βαρύτητες των παραμέτρων έτσι όπως έχουν διατυπωθεί από τους Chachandi και Lobo-Ferreira:

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΒΑΡΥΤΗΤΑ |
|---------------------------------|----------|
| G -ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ | 1 |
| A -ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ | 3 |
| L -ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ | 4 |
| D -ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΗ | 4 |
| I -ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ | 1 |
| T -ΠΑΧΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ | 2 |

Πίνακας 9.2: Βαρύτητα Παραμέτρων δείκτη GALDIT

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο δείκτης GALDIT (GALDIT Vulnerability Index) υπολογίζεται από το τύπο:

$$GVI = \frac{\sum_{i=1}^6 w_i * r_i}{\sum_{i=1}^6 w_i} \quad (9.1)$$

Όπου:

w_i = η βαρύτητα κάθε παραμέτρου- δείκτη

r_i = η βαθμονόμηση της παραμέτρου σε συγκεκριμένα σημεία

9.3 Περιγραφή παραμέτρων - δεικτών

G - Ο ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

Μέσα στους γεωλογικού σχηματισμούς δημιουργούνται ελεύθεροι, υπό πίεση και υπό μερική πίεση υδροφορείς ανάλογα με τη διαπερατότητα του κάθε στρώματος και την ύπαρξη ή μη εμποδίων (π.χ. αδιαπέρατη οροφή ή δάπεδο). Η έκταση της θαλάσσιας διείσδυσης συνδέεται άμεσα με το τύπο του υδροφόρου και την ύπαρξη γλυκού νερού σε αυτόν. Είναι ευνόητο ότι ένας ελεύθερος υδροφορέας, υπό φυσικές συνθήκες είναι πιο ευάλωτος στην υφαλμύριση απ' ό,τι ένας υπό πίεση λόγω της υψηλής πίεσης στην οποία υποβάλλεται (μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής). Παρ' όλα αυτά, κατά την άντληση ενός υπό πίεση (αρτεσιανού) υδροφορέα δημιουργείται μεγαλύτερος κίνος κατάπτωσης καθιστώντας τον πιο ευάλωτο στη διείσδυση της θάλασσας απ' ό,τι τους υπόλοιπους.

Σε μία περιοχή με περισσότερους του ενός υδροφόρους, λαμβάνεται η βαθμονόμηση του υδροφόρου με τη μεγαλύτερη τρωτότητα.

Τα δεδομένα για το καθορισμό του τύπου του υδροφόρου λαμβάνονται από ανάλυση δοκιμαστικών αντλήσεων ή από λιθολογική παρακολούθηση του υδροφόρου.

Η παράμετρος βαθμονομείται όπως παρακάτω:

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΒΑΡΥΤΗΤΑ | ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ | ΒΑΘ/ΜΗΣΗ |
|---|----------|--|----------|
| Τύπος Υδροφόρου (Groundwater Occurrence– Aquifer Type) | 1 | Υπό πίεση υδροφόρος | 10 |
| | | Ελεύθερος υδροφόρος | 7,5 |
| | | Υπό πίεση με διαρροές υδροφόρος | 5 |
| | | Περιορισμένος πλευρικά υδροφόρος (εμπλουτισμός ή/και αδιαπέρατο όριο παράλληλο με την ακτογραμμή) | 2,5 |

Πίνακας 9.3: Βαθμονόμηση παραμέτρου G(Chachadi,Lobo-Ferreira, 2001)

A - Η ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η υδραυλική αγωγιμότητα ορίζεται ως η ικανότητα του υδροφόρου να μεταφέρει το νερό μέσω του ενεργού πορώδους. Το μέγεθος της διείσδυσης του θαλάσσιου μετώπου σε έναν παράκτιο υδροφορέα συνδέεται άμεσα με την υδραυλική του αγωγιμότητα. Όσο μεγαλύτερη είναι η υδραυλική αγωγιμότητα, τόσο μεγαλύτερη είναι η κίνηση του

θαλάσσιου νερού προς την ενδοχώρα. Ακόμη, κατά την άντληση του υδροφορέα, η υψηλή αγωγιμότητα δημιουργεί μεγαλύτερο κώνο κατάπτωσης. Τα υδραυλικά εμπόδια(π.χ. στρώματα αργίλων, αδιαπέρατα αναχώματα παράλληλα στην ακτή) λειτουργούν ως «τοίχοι» εμποδίζοντας τη θαλάσσια διείσδυση.

Η υδραυλική αγωγιμότητα υπολογίζεται από δεδομένα δοκιμαστικών αντλήσεων ή από τη λιθολογική παρακολούθηση του υδροφορέα.

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΒΑΡΥΤΗΤΑ | ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ | | ΒΑΘ/ΜΗΣΗ |
|--|----------|---------------|------------|----------|
| | | Χαρακτηρισμός | Διακύμανση | |
| Υδραυλική αγωγιμότητα υδροφόρου (Aquifer Hydraulic Conductivity) | 3 | Υψηλή | >40 | 10 |
| | | Μέση | 10-40 | 7.5 |
| | | Χαμηλή | 5-10 | 5 |
| | | Πολύ χαμηλή | <5 | 2.5 |
| | | | (m/day) | |

Πίνακας 9.4: Βαθμονόμηση παραμέτρου A(Chachadi,Lobo-Ferreira, 2001)

L - ΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Το υδραυλικό φορτίο είναι ένας από τους κρισιμότερους παράγοντες που καθορίζουν το εύρος της θαλάσσιας διείσδυσης καθώς καθορίζει την υδραυλική πίεση που θα απωθήσει το μέτωπο της υφαλμύρινσης.

Υπό φυσικές συνθήκες, το νερό του υδροφόρου εκρέει στη θάλασσα. Μετά από ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, η ποσότητα του νερού που εκρέει μειώνεται, με αποτέλεσμα το μήκος του ποδιού της διεπιφάνειας της θάλασσας να αυξάνεται.

Για τη βαθμονόμηση της παραμέτρου L, πρέπει να εξετάζονται μακροχρόνια τα επίπεδα διακύμανσης της στάθμης των υπογείων νερών κάθε περιοχής. Γενικά μπορούμε να θεωρήσουμε τις μικρότερες τιμές στάθμης του υδροφόρου, ως τα σημεία με τη μεγαλύτερη τρωτότητα.

Οι στάθμες λαμβάνονται από τα σημεία παρακολούθησης (γεωτρήσεις- πηγάδια). Η βαθμονόμηση φαίνεται στο παρακάτω πίνακα:

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΒΑΡΥΤΗΤΑ | ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ | | ΒΑΘ/ΜΗΣΗ |
|--|----------|----------------------|-------------------|----------|
| Φορτίο της στάθμης του υπόγειου νερού (Height of Groundwater Level) | 4 | Χαρακτηρισμός | Διακύμανση | |
| | | Υψηλό | <1 | 10 |
| | | Μέσο | 1-1.5 | 7.5 |
| | | Χαμηλό | 1.5-2 | 5 |
| | | Πολύ χαμηλό | >2 | 2.5 |
| | | | (m) | |

Πίνακας 9.5: Βαθμονόμηση παραμέτρου L(Chachadi,Lobo-Ferreira, 2001)

D - Η ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΗ

Η επίδραση της υφαλμύρισης γενικά μειώνεται καθώς κινούμαστε προς την ενδοχώρα, αποκρινόμενοι από την ακτή. Η μεγαλύτερη επίδραση της θάλασσας σημειώνεται κοντά στην ακτή.

Τα δεδομένα για τη συγκεκριμένη παράμετρο υπολογίζονται από τοπογραφικούς χάρτες, έχοντας ως γραμμή αναφοράς, τη πλήμμη (ή γραμμή υψηλότερης παλίρροιας), ξεκινώντας από την ακτή. Η βαθμονόμηση της παραμέτρου D φαίνεται στο παρακάτω πίνακα:

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΒΑΡΥΤΗΤΑ | ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ | | ΒΑΘ/ΜΗΣΗ |
|--|----------|----------------------|-------------------|----------|
| Απόσταση από την ακτή/υψηλή στάθμη παλίρροιας (Distance from shore/High Tide) | 4 | Χαρακτηρισμός | Διακύμανση | |
| | | Πολύ μικρή | <500 | 10 |
| | | Μικρή | 500-750 | 7.5 |
| | | Μεσαία | 750-1000 | 5 |
| | | Μεγάλη | >1000 | 2.5 |
| | | | (m) | |

Πίνακας 9.6: Βαθμονόμηση παραμέτρου D(Chachadi,Lobo-Ferreira, 2001)

I - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

Για την εκτίμηση της ήδη υπάρχουσας υφαλμύρισης στα διάφορα σημεία (γεωτρήσεις) ενός υδροφόρου, οι Chachandi και Lobo – Ferreira (2001) προτείνουν τη χρήση του συντελεστή Revelle, δηλαδή το κλάσμα $Cl^- / [HCO_3^{-1} + CO_3^{2-}]$. Παρ' όλα αυτά, χρησιμοποιούνται και άλλοι δείκτες ή συγκεντρώσεις ιόντων (π.χ. συγκέντρωση

χλωριόντων) .Τα δεδομένα για τις συγκεντρώσεις των ανθρακικών αλάτων και των χλωριόντων συλλέγονται είτε από το πεδίο (με δειγματοληψία από γεωτρήσεις) είτε λαμβάνονται έτοιμα σε περίπτωση που έχει γίνει σχετική έρευνα στη περιοχή. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η βαθμονόμηση της παραμέτρου I, ως προς το συντελεστή Revelle:

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΒΑΡΥΤΗΤΑ | ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ | | ΒΑΘ/ΜΗΣΗ |
|--|----------|----------------------|---|----------|
| Επίδραση της διείσδυσης του θαλασσινού νερού (Impact status of existing seawater intrusion) | 1 | Χαρακτηρισμός | Διακύμανση | |
| | | Υψηλή | <500 | 10 |
| | | Μέση | 500-750 | 7.5 |
| | | Χαμηλή | 750-1000 | 5 |
| | | Πολύ χαμηλή | >1000 (Cl/ [HCO ₃ ⁻¹ + CO ₃ ²⁻¹]) | 2.5 |

Πίνακας 9.7: Βαθμονόμηση παραμέτρου I(Chachadi,Lobo-Ferreira, 2001)

T - ΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

Το πάχος του εκάστοτε υδροφορέα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην έκταση και το μέγεθος της θαλάσσιας διείσδυσης. Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του υδροφόρου στρώματος, τόσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της υφαλμύρισης που υφίσταται και αντιστρόφως.

Το πάχος ενός υδροφόρου μπορεί να υπολογιστεί από τη λιθολογική καταγραφή των σχηματισμών, μέσω γεωφυσικών μεθόδων (VerticalElectricalSoundings). Η παράμετρος T βαθμονομείται ως εξής:

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΒΑΡΥΤΗΤΑ | ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ | | ΒΑΘ/ΜΗΣΗ |
|---|----------|----------------------|-------------------|----------|
| Πάχος Υδροφόρου (κορεσμένου) (Aquifer Thickness (saturated)) | 2 | Χαρακτηρισμός | Διακύμανση | |
| | | Πολύ μικρή | <10 | 10 |
| | | Μικρή | 7.5-10 | 7.5 |
| | | Μεσαία | 5-7.5 | 5 |
| | | Μεγάλη | >5 (m) | 2.5 |

Πίνακας 9.8: Βαθμονόμηση παραμέτρου T(Chachadi,Lobo-Ferreira, 2001)

9.4 Υπολογισμός της τρωτότητας του αλλουβιακού υδροφορέα του Αργολικού πεδίου

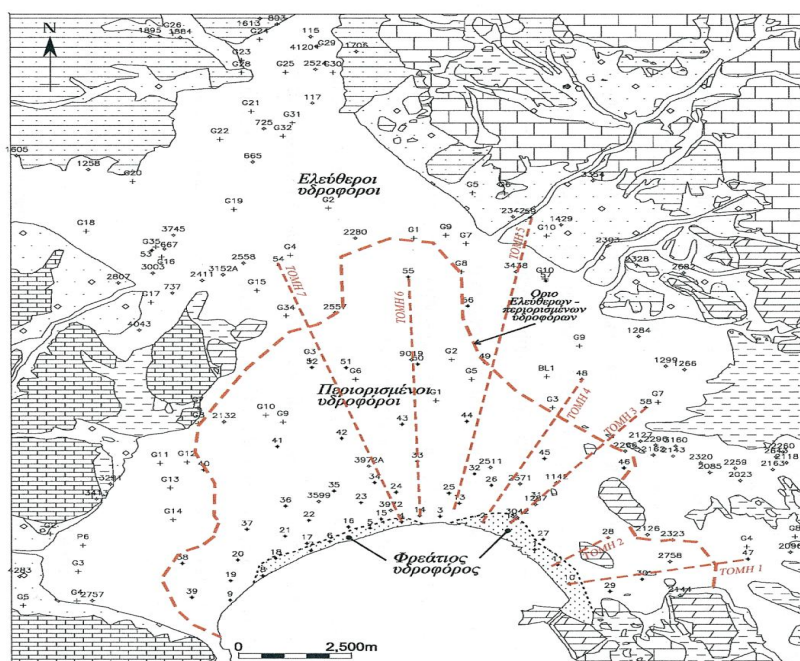
9.4.1 Προσδιορισμός της συνολικής βαρύτητας των παραμέτρων GALDIT για την υδρολογική λεκάνη της περιοχής μελέτης

Η βαρύτητα κάθε παραμέτρου παραμένει σταθερή, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Η βαθμονόμηση τους, έγινε με βάση τη κλίμακα της λεκάνης του Αργολικού πεδίου.

Ο ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ (G)

Ο τύπος του υδροφορέα είναι παράμετρος σταθερή σε όλη του την έκταση και χρονικά αμετάβλητη. Στη περίπτωση του συστήματος του Αργολικού πεδίου, αναπτύσσεται μια αλληλουχία υδροφόρων σχηματισμών διαχωρισμένων από αργιλικά και αργιλώδη ιζήματα. Σε γενικές γραμμές μπορούν να ενταχθούν «συμβατικά» στα ακόλουθα υδροφόρα συστήματα. Σχήμα 9.1 (Γιαννουλόπουλος 2000):

- Φρεάτιο υδροφόρο σύστημα
- Υπο πίεση υδροφόρο σύστημα
- Ελεύθεροι υδροφόροι



Σχήμα 9.1: Αλληλουχία υδροφόρων σχηματισμών (Γιαννουλόπουλος 2000):

Σύμφωνα με την θέση των γεωτρήσεων στο Αργολικό πεδίο προέκυψε ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 9.9).

| ΔΕΙΓΜΑ | G | ΒΑΡ. (W1) | ΒΑΘ/ΣΗ (R1) | W1*R1 |
|--------|-----------|-----------|-------------|-------|
| Ε8 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 77 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 88 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 175 | υπό πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 72 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 98 | υπό πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 513 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 8 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 97 | υπο πίεση | 1 | 70 | 70 |
| 239 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 53 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 506 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 236 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 233 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 182 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 192 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 6 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 32 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 44 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 177 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 223 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 169 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 9 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 278 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 101 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 230 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 147 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 218 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 213 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 518 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 13 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 302 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 280 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 85 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 69 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 188 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 78 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 145 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 62 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 120 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 271 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 270 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 24 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 250 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |

| | | | | |
|-----|-----------|---|-----|-----|
| 19 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 604 | υπο πίεση | 1 | 10 | 10 |
| 214 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 212 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 7 | ελεύθερος | 1 | 7,5 | 7,5 |

Πίνακας 9.9: Συνολική βαρύτητα του παράγοντα W1×R1 για κάθε γεώτρηση

Η ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ (A)

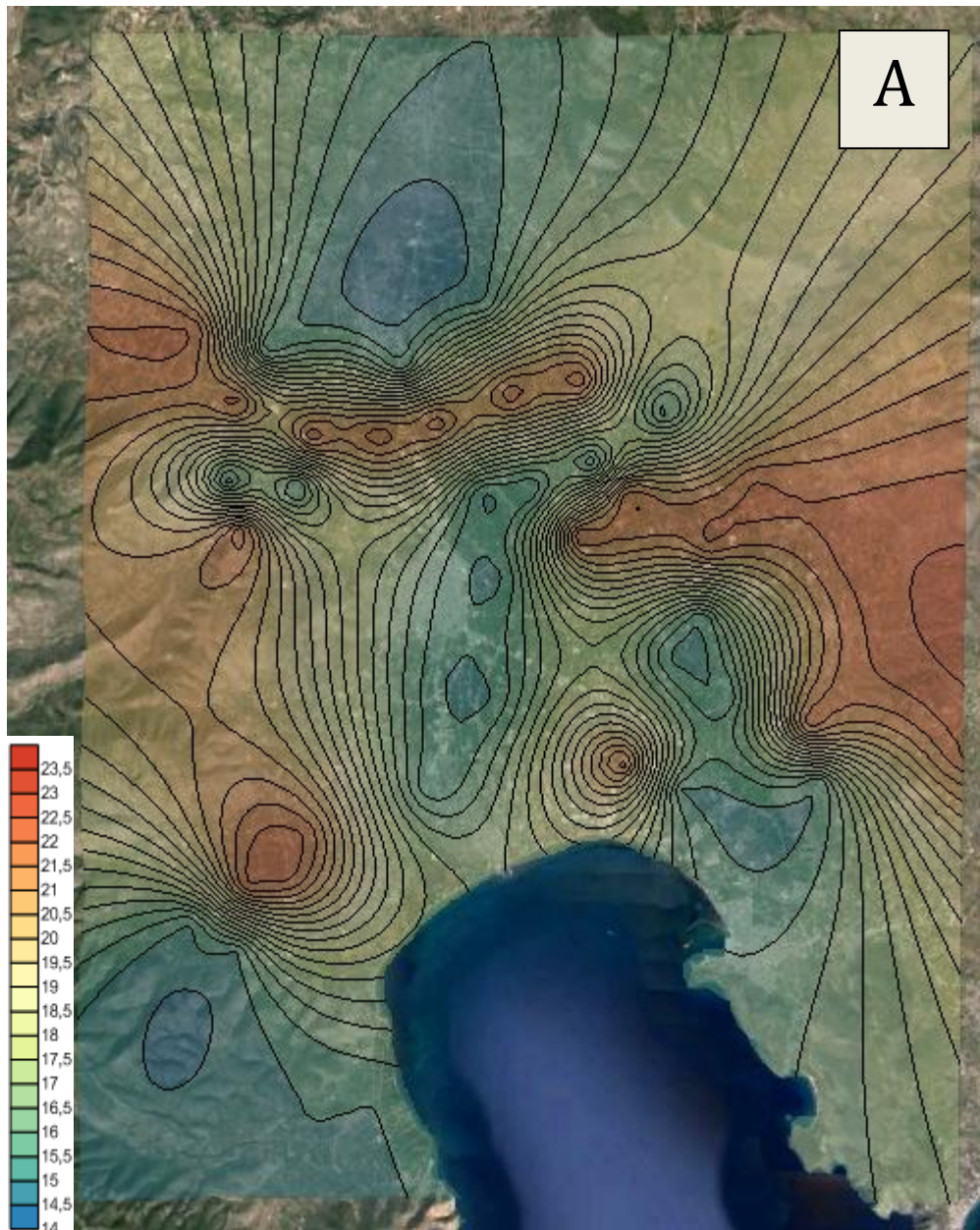
Η υδραυλική αγωγιμότητα του αλλουβιακού υδροφορέα της περιοχής υπολογίστηκε βάσει της Διδακτορικής Διατριβής του Παναγιώτη Γιαννουλόπουλο «Υπόγεια Υδραυλική και Μαθηματικά Μοντέλα στο Αργολικό πεδίο», Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών», στην οποία υπολογίζει την μεταβιβαστικότητα (T) των υδροφόρων σχηματισμών του Αργολικού πεδίου. Έχοντας επίσης στοιχεία για το πάχος του υδροφορέα κατά μήκος του Αργολικού πεδίου από γεωλογικές τομές και ευρενητικές γεωτρήσεις είναι εύκολο να υπολογιστεί η υδραυλική αγωγιμότητα (K),($T = K \cdot b$ όπου b το πάχος του υδροφορέα). Αξιοποιώντας λοιπόν αυτά τα στοιχεία προέκυψε ο παρακάτω πίνακας.

| ΔΕΙΓΜΑ | A (m/s) | ΒΑΡ. (W2) | ΒΑΘ/ΣΗ (R2) | W2*R2 |
|--------|-------------|-----------|-------------|-------|
| E8 | 6,97105E-06 | 3 | 5 | 15 |
| 77 | 2,85171E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 88 | 3,23516E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 175 | 4,12749E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 72 | 7,88347E-07 | 3 | 5 | 15 |
| 98 | 5,03374E-06 | 3 | 5 | 15 |
| 513 | 5,36814E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 8 | 1,31801E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 97 | 1,54952E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 239 | 9,4284E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 53 | 2,85171E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 506 | 1,02289E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 236 | 1,31801E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 233 | 1,81401E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 182 | 0,000125438 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 192 | 4,14502E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 6 | 1,81401E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 32 | 7,10604E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 44 | 4,12749E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 177 | 7,45081E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 223 | 0,000247813 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 169 | 0,000142648 | 3 | 7,5 | 22,5 |

| | | | | |
|-----|-------------|---|-----|------|
| 9 | 2,18287E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 278 | 4,14225E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 101 | 5,03374E-06 | 3 | 5 | 15 |
| 230 | 1,33648E-06 | 3 | 5 | 15 |
| 147 | 3,05379E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 218 | 5,10648E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 213 | 5,10648E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 518 | 4,14225E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 13 | 2,89344E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 302 | 7,61908E-06 | 3 | 5 | 15 |
| 280 | 1,6668E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 85 | 1,2589E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 69 | 1,31801E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 188 | 2,40938E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 78 | 2,85171E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 145 | 3,05379E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 62 | 5,36814E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 120 | 3,73942E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 271 | 5,10648E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 270 | 5,10648E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 24 | 5,10648E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 250 | 1,42449E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 19 | 2,09026E-05 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 604 | 4,12749E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 214 | 5,10648E-05 | 3 | 5 | 15 |
| 212 | 0,000247813 | 3 | 7,5 | 22,5 |
| 7 | 3,05379E-05 | 3 | 5 | 15 |

Πίνακας 9.10: Συνολική βαρύτητα του παράγοντα W2×R2 για κάθε γεώτρηση

Η κατανομή της παραμέτρου στη λεκάνη του Αργολικού φαίνεται στο σχήμα 9.2.



Σχήμα 9.2: Κατανομή της συνολικής βαρύτητας $W2 \times R2$ στον αλλουβιακό υδροφόρα του Αργολικού πεδίου.

ΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ (L)

Οι πιεζομετρικές συνθήκες της παράκτιας περιοχής αποτελούν μια δυναμική παράμετρο καθώς το υδραυλικό φορτίο του υδροφόρα αλλάζει τόσο εποχιακά όσο και χρονικά.

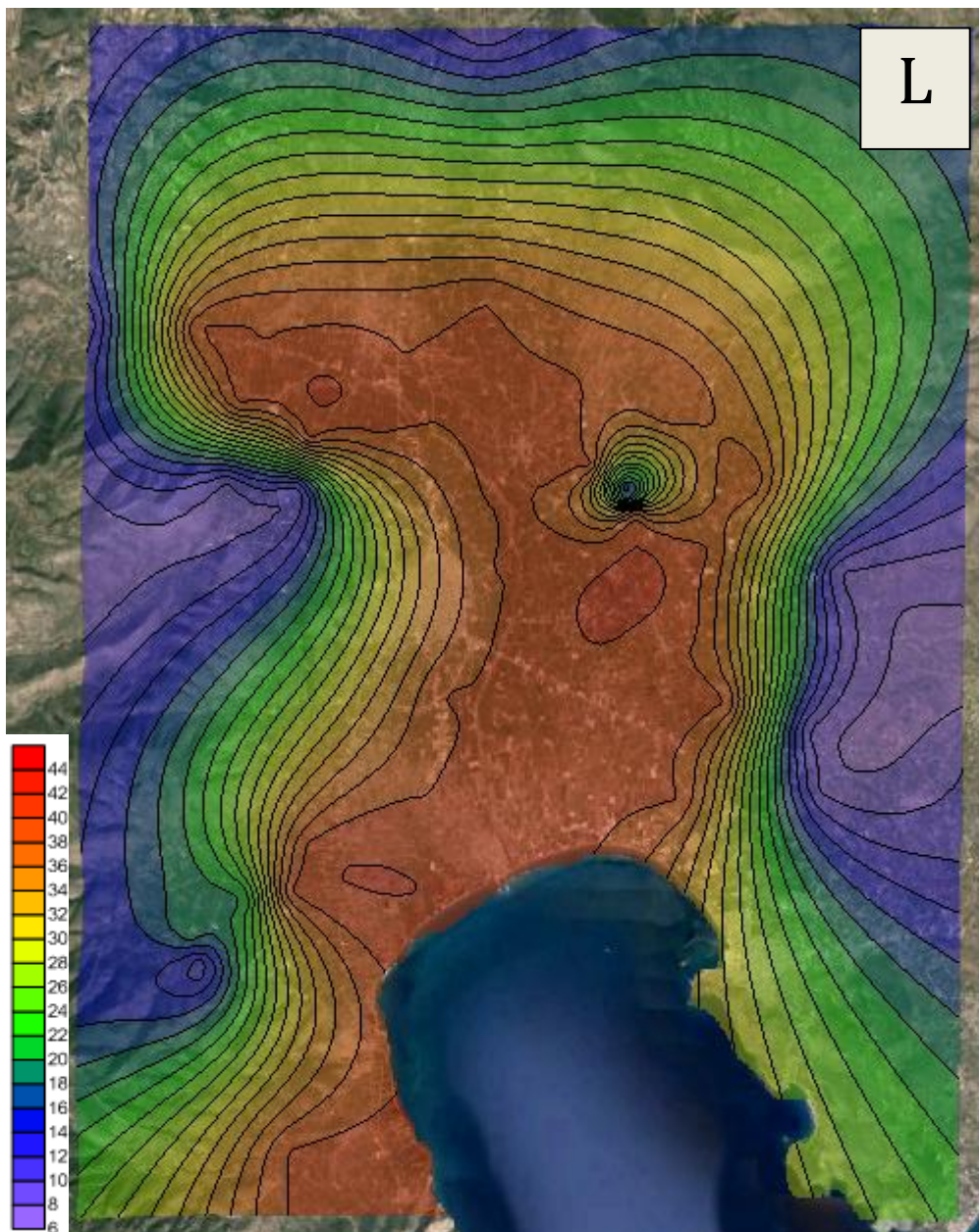
Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, μετρήθηκαν οι στάθμες κάθε σημείου και στη συνέχεια υπολογίστηκε το υδραυλικό (πιεζομετρικό) φορτίο. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας υπολογισμού της βαρύτητας $W3 * R3$.

| ΔΕΙΓΜΑ | L (m) | ΒΑΡ. (W3) | ΒΑΘ/ΣΗ (R3) | W3*R3 |
|---------------|--------------|------------------|--------------------|--------------|
| E8 | 0,52 | 4 | 10 | 40 |
| 77 | 16,15 | 4 | 2,5 | 10 |
| 88 | -0,26 | 4 | 10 | 40 |
| 175 | -2,62 | 4 | 10 | 40 |
| 72 | -15,97 | 4 | 10 | 40 |
| 98 | 0,24 | 4 | 10 | 40 |
| 513 | -24,78 | 4 | 10 | 40 |
| 8 | -9,02 | 4 | 10 | 40 |
| 97 | 0,66 | 4 | 10 | 40 |
| 239 | -9,4 | 4 | 10 | 40 |
| 53 | -3,76 | 4 | 10 | 40 |
| 506 | 4,7 | 4 | 2,5 | 10 |
| 236 | -2,39 | 4 | 10 | 40 |
| 233 | 36,92 | 4 | 2,5 | 10 |
| 182 | 13,75 | 4 | 2,5 | 10 |
| 192 | 84,36 | 4 | 2,5 | 10 |
| 6 | -3,91 | 4 | 10 | 40 |
| 32 | -1,35 | 4 | 10 | 40 |
| 44 | -2,42 | 4 | 10 | 40 |
| 177 | 17,44 | 4 | 2,5 | 10 |
| 223 | 2,21 | 4 | 10 | 40 |
| 169 | 40,76 | 4 | 2,5 | 10 |
| 9 | -4,78 | 4 | 10 | 40 |
| 278 | -1,79 | 4 | 10 | 40 |
| 101 | 0,58 | 4 | 10 | 40 |
| 230 | 13,12 | 4 | 2,5 | 10 |
| 147 | -12,16 | 4 | 10 | 40 |
| 218 | 6,94 | 4 | 5 | 20 |
| 213 | 6,5 | 4 | 5 | 20 |
| 518 | -2,63 | 4 | 10 | 40 |
| 13 | 17,2 | 4 | 2,5 | 10 |
| 302 | -4 | 4 | 10 | 40 |
| 280 | -8,2 | 4 | 10 | 40 |
| 85 | -4,81 | 4 | 10 | 40 |
| 69 | -8,67 | 4 | 10 | 40 |
| 188 | -19,9 | 4 | 10 | 40 |
| 78 | -9,61 | 4 | 10 | 40 |
| 145 | -21,25 | 4 | 10 | 40 |
| 62 | -13,2 | 4 | 10 | 40 |
| 120 | 4,6 | 4 | 2,5 | 10 |
| 271 | 3,41 | 4 | 10 | 40 |
| 270 | 2,56 | 4 | 10 | 40 |
| 24 | 2,28 | 4 | 10 | 40 |
| 250 | -5 | 4 | 10 | 40 |

| | | | | |
|------------|-------|---|-----|----|
| 19 | 1,87 | 4 | 10 | 40 |
| 604 | 0,09 | 4 | 10 | 40 |
| 214 | 6,2 | 4 | 2,5 | 10 |
| 212 | 6,68 | 4 | 5 | 20 |
| 7 | -9,93 | 4 | 10 | 40 |

Πίνακας 9.11: Συνολική βαρύτητα του παράγοντα W3×R3 για κάθε γεώτρηση

Η κατανομή της βαρύτητας της συγκεκριμένης παραμέτρου σύμφωνα με τους υπολογισμούς του πίνακα 9.11, παρουσιάζεται στο χάρτη του σχήματος 9.3.



Σχήμα 9.3: Κατανομή της συνολικής βαρύτητας W3×R3 στον αλλουβιακό υδροφόρα του Αργολικού πεδίου.

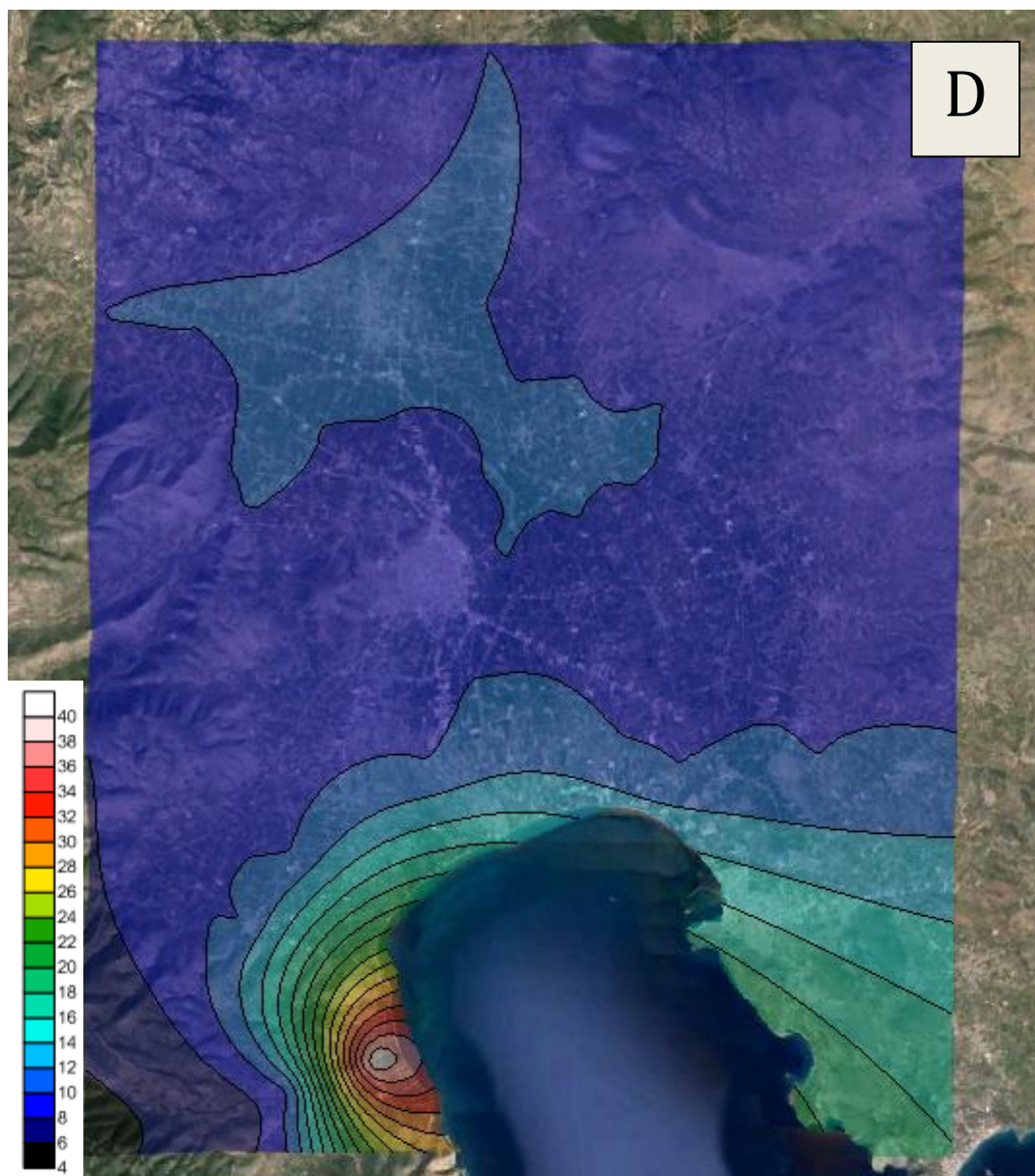
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΗ (D)

Μετρήθηκε η απόσταση κάθε γεώτρησης από την ακτή του Αργολικού κόλπου και εύκολα δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας. Η κατανομή της βαρύτητας της παραμέτρου D φαίνεται στο χάρτη του σχήματος 9.4.

| ΔΕΙΓΜΑ | D (m) | ΒΑΡ. (W4) | ΒΑΘ/ΣΗ (R4) | W4*R4 |
|--------|-------|-----------|-------------|-------|
| E8 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 77 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 88 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 175 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 72 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 98 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 513 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 8 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 97 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 239 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 53 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 506 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 236 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 233 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 182 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 192 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 6 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 32 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 44 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 177 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 223 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 169 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 9 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 278 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 101 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 230 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 147 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 218 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 213 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |

| | | | | |
|------------|------|---|-----|----|
| 518 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 13 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 302 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 280 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 85 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 69 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 188 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 78 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 145 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 62 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 120 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 271 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 270 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 24 | >500 | 4 | 10 | 40 |
| 250 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 19 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 604 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 214 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 212 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |
| 7 | >500 | 4 | 2,5 | 10 |

Πίνακας 9.12: Συνολική βαρύτητα του παράγοντα W4×R4 για κάθε γεώτρηση



Σχήμα 9.4: Κατανομή της συνολικής βαρύτητας $W4 \times R4$ στον αλλουβιακό υδροφόρα του Αργολικού πεδίου.

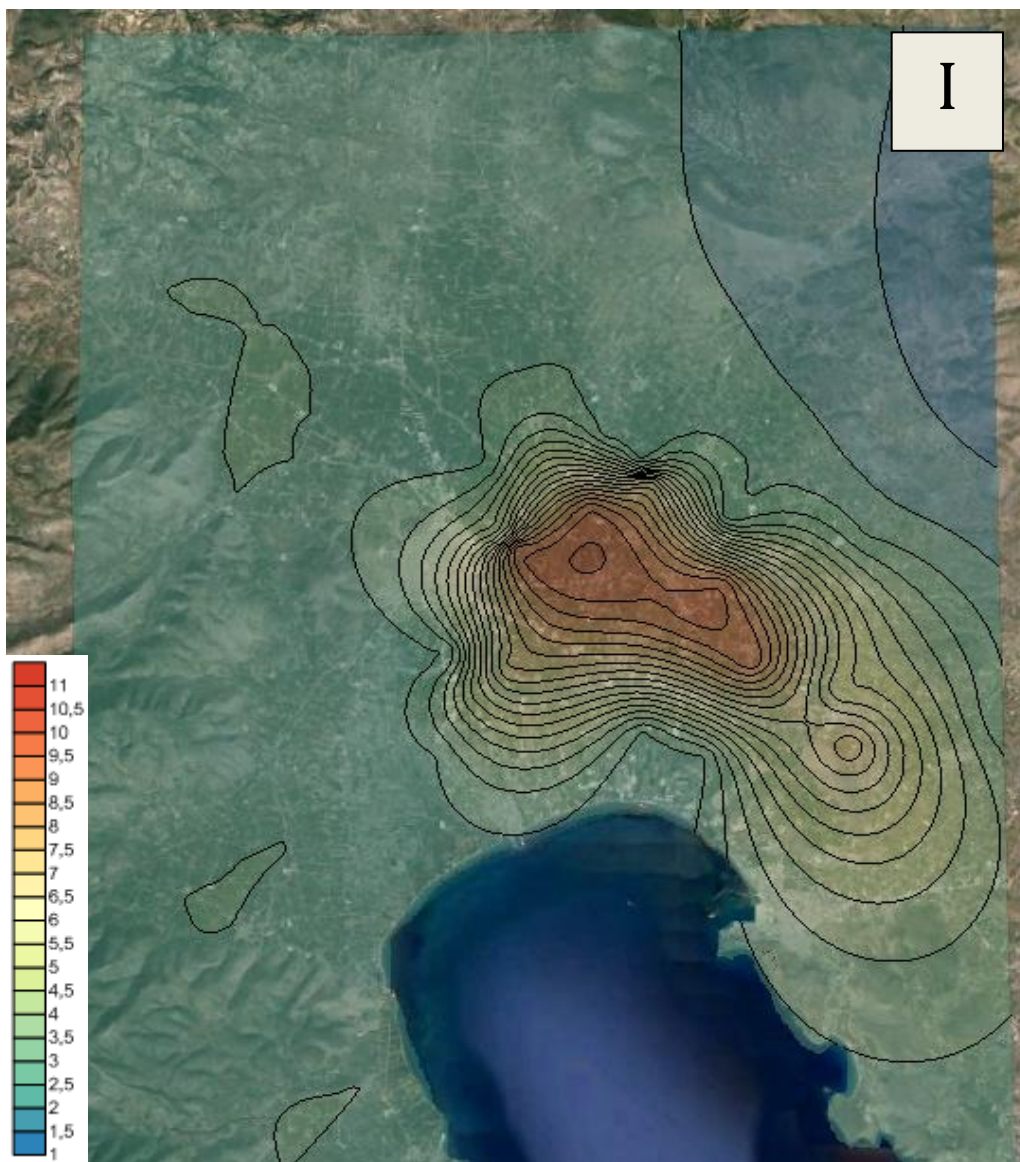
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ (I)

Για τον υπολογισμό της υφαλμύρισης στα σημεία παρακολούθησης, χρησιμοποιήθηκαν τα υπάρχοντα δεδομένα της έρευνας πεδίου που διεξήχθη. Η βαθμονόμηση της παραμέτρου πραγματοποιήθηκε με τις διαθέσιμες συγκεντρώσεις χλωριόντων, δεδομένα που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η κατανομή της βαρύτητας της παραμέτρου I φαίνεται στο χάρτη του σχήματος 9.5

| ΔΕΙΓΜΑ | I (mg/l) | ΒΑΡ. (W5) | ΒΑΘ/ΣΗ | W5*R5 |
|--------|----------|-----------|--------|-------|
| E8 | 214 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 77 | 185 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 88 | 1930 | 1 | 10 | 10 |
| 175 | 614 | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 72 | 231 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 98 | 875 | 1 | 10 | 10 |
| 513 | 67 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 8 | 19 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 97 | 241 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 239 | 21 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 53 | 935 | 1 | 10 | 10 |
| 506 | 488 | 1 | 5 | 5 |
| 236 | 30 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 233 | 12 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 182 | 109 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 192 | 33 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 6 | 21 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 32 | 134 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 44 | 316 | 1 | 5 | 5 |
| 177 | 50 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 223 | 126 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 169 | 204 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 9 | 6 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 278 | 750 | 1 | 10 | 10 |
| 101 | 940 | 1 | 10 | 10 |
| 230 | 7 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 147 | 13 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 218 | 10 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 213 | 11 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 518 | 466 | 1 | 5 | 5 |
| 13 | 6 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 302 | 65 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 280 | 171 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 85 | 143 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 69 | 30 | 1 | 2,5 | 2,5 |

| | | | | |
|-----|-----|---|-----|-----|
| 188 | 25 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 78 | 610 | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 145 | 51 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 62 | 357 | 1 | 5 | 5 |
| 120 | 505 | 1 | 7,5 | 7,5 |
| 271 | 10 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 270 | 139 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 24 | 170 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 250 | 44 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 19 | 60 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 604 | 210 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 214 | 11 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 212 | 68 | 1 | 2,5 | 2,5 |
| 7 | 34 | 1 | 2,5 | 2,5 |

Πίνακας 9.13: Συνολική βαρύτητα του παράγοντα W5×R5 για κάθε γεώτρηση



Σχήμα 9.5: Κατανομή της συνολικής βαρύτητας W5×R5 στον αλλουβιακό υδροφόρα του Αργολικού πεδίου.

ΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ(Τ)

Τα στοιχεία για το πάχος του υδροφορέα συλλέχθηκαν όπως αναφέρεται παραπάνω από την Διδακτορική Διατριβή του κ. Γιαννουλόπουλου και από ευρενητικές γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας υπολογισμού του παράγοντα W6×R6 .

| ΔΕΙΓΜΑ | T (m) | ΒΑΡ. (W6) | ΒΑΘ/ΣΗ | W6*R6 |
|--------|-------|--------------|--------|-------|
| E8 | 87 | 2 | 10 | 20 |
| 77 | 54,95 | 2 | 10 | 20 |
| 88 | 35,25 | 2 | 10 | 20 |
| 175 | 16,25 | 2 | 10 | 20 |
| 72 | 53 | 2 | 10 | 20 |
| 98 | 88,5 | 2 | 10 | 20 |
| 513 | 62,14 | 2 | 10 | 20 |
| 8 | 137,5 | 2 | 10 | 20 |
| 97 | 132 | 2 | 10 | 20 |
| 239 | 57 | 2 | 10 | 20 |
| 53 | 54,95 | 2 | 10 | 20 |
| 506 | 45 | 2 | 10 | 20 |
| 236 | 137,5 | 2 | 10 | 20 |
| 233 | 26 | 2 | 10 | 20 |
| 182 | 8,45 | 2 | 10 | 20 |
| 192 | 49,2 | 2 | 10 | 20 |
| 6 | 26 | 2 | 10 | 20 |
| 32 | 15,9 | 2 | 10 | 20 |
| 44 | 16,25 | 2 | 10 | 20 |
| 177 | 84 | 2 | 10 | 20 |
| 223 | 30,7 | 2 | 10 | 20 |
| 169 | 22,2 | 2 | 10 | 20 |
| 9 | 69,3 | 2 | 10 | 20 |
| 278 | 64 | 2 | 10 | 20 |
| 101 | 88,5 | 2 | 10 | 20 |
| 230 | 53 | 2 | 10 | 20 |
| 147 | 47,3 | 2 | 10 | 20 |
| 218 | 25 | 2 | 10 | 20 |
| 213 | 25 | 2 | 10 | 20 |
| 518 | 64 | 2 | 10 | 20 |
| 13 | 72,61 | 2 | 10 | 20 |
| 302 | 111 | 2 | 10 | 20 |
| 280 | 88,5 | 2 | 10 | 20 |
| 85 | 48,35 | 2 | 10 | 20 |

| | | | | |
|------------|-------|---|----|----|
| 69 | 137,5 | 2 | 10 | 20 |
| 188 | 57,4 | 2 | 10 | 20 |
| 78 | 54,95 | 2 | 10 | 20 |
| 147 | 47,3 | 2 | 10 | 20 |
| 62 | 62,14 | 2 | 10 | 20 |
| 120 | 25,86 | 2 | 10 | 20 |
| 271 | 25 | 2 | 10 | 20 |
| 270 | 25 | 2 | 10 | 20 |
| 24 | 25 | 2 | 10 | 20 |
| 250 | 89,4 | 2 | 10 | 20 |
| 19 | 35,1 | 2 | 10 | 20 |
| 604 | 16,25 | 2 | 10 | 20 |
| 214 | 25 | 2 | 10 | 20 |
| 212 | 30,7 | 2 | 10 | 20 |
| 7 | 47,3 | 2 | 10 | 20 |

Πίνακας 9.14: Συνολική βαρύτητα του παράγοντα W6×R6 για κάθε γεώτρηση

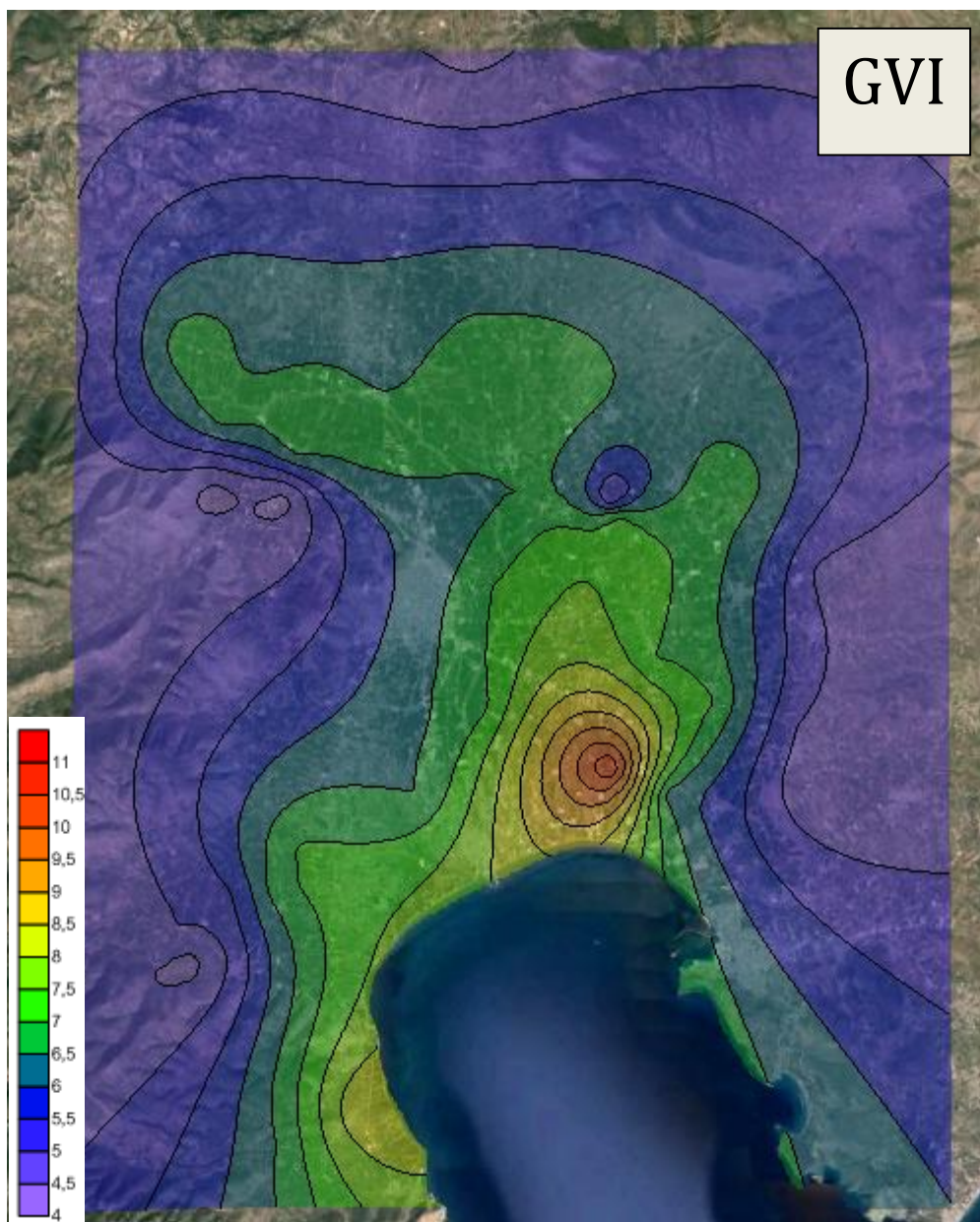
Τελικά υπολογίζεται ο δείκτης τρωτότητας του αλλουβιακού υδροφορέα του Αργολικού πεδίου σύμφωνα με τη σχέση 9.1. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

| ΔΕΙΓΜΑ | GVI |
|---------------|------------|
| E8 | 6,33 |
| 77 | 4,83 |
| 88 | 6,83 |
| 175 | 6,83 |
| 72 | 6,33 |
| 98 | 7,00 |
| 513 | 6,33 |
| 8 | 6,83 |
| 97 | 11,00 |
| 239 | 6,33 |
| 53 | 7,33 |
| 506 | 5,00 |
| 236 | 6,83 |
| 233 | 4,83 |
| 182 | 4,83 |
| 192 | 4,33 |
| 6 | 6,83 |
| 32 | 6,50 |
| 44 | 6,67 |
| 177 | 4,33 |
| 223 | 6,83 |

| | |
|------------|------|
| 169 | 4,83 |
| 9 | 6,83 |
| 278 | 7,00 |
| 101 | 7,00 |
| 230 | 4,33 |
| 147 | 6,33 |
| 218 | 5,00 |
| 213 | 5,00 |
| 518 | 6,67 |
| 13 | 4,83 |
| 302 | 6,33 |
| 280 | 6,83 |
| 85 | 6,83 |
| 69 | 6,83 |
| 188 | 6,83 |
| 78 | 7,17 |
| 145 | 6,50 |
| 62 | 6,50 |
| 120 | 4,67 |
| 271 | 6,50 |
| 270 | 6,50 |
| 24 | 8,50 |
| 250 | 6,83 |
| 19 | 7,00 |
| 604 | 6,50 |
| 214 | 4,33 |
| 212 | 5,50 |
| 7 | 6,33 |

Πίνακας 9.15: Δείκτης τρωτότητας GVI για κάθε σημείο παρακολούθησης

Μετά από τη σχετική έρευνα για τις παραμέτρους του δείκτη και τον υπολογισμό της βαρύτητας τους σε κάθε σημείο-πηγάδι, στο τελευταίο χάρτη παρουσιάζεται η κατανομή του Δείκτη Τρωτότητας GALDIT στον αλλουβιακό υδροφόρα που αναπτύσσεται στη λεκάνη του Αργολικού πεδίου. Παρατηρούμε, βάση του δείκτη τρωτότητας, ότι η παραλιακή ζώνη, στον αργολικό κόλπο εμφανίζει υψηλή τρωτότητα και ειδικότερα βορειοδυτικά του Ναυπλίου, γεγονός που συμβαδίζει με τις μετρήσεις των χλωριόντων στην περιοχή έρευνας.



Σχήμα 9.7: Κατανομή του Δείκτη Τρωτότητας GVI στην περιοχή του Αργολικού πεδίου.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

10.1 Σύνοψη

Η υποβάθμιση των υπόγειων νερών του Αργολικού πεδίου στις αρχές της δεκαετίας του 1960, οδήγησε από τότε το ενδιαφέρον των αρμόδιων φορέων σε ερευνητικές προσπάθειες που αποσκοπούσαν κυρίως στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών της περιοχής καθώς και στη λήψη κατάλληλων μέτρων για την προστασία τους.

Το Αργολικό πεδίο πλαισιώνεται από ποικίλης σύστασης γεωλογικούς σχηματισμούς, επικρατέστεροι από τους οποίους είναι οι ανθρακικοί. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν ένα περιβάλλον ανάπτυξης καρστικών υδροφόρων σχηματισμών που εκτείνονται από τις δυτικές παρυφές της πεδιάδας μέχρι το οροπέδιο της Τρίπολης καθώς και στην ευρύτερη ανθρακική μάζα του Αραχναίου όρους. Αποτελούν επίσης ένα περιβάλλον τροφοδοσίας και κίνησης του καρστικού υπόγειου νερού, που εκφορτίζεται εν μέρει στο μέτωπο των πηγών που αναβλύζουν στις δυτικές παρυφές του Αργολικού πεδίου. Μία σημαντική επίσης ποσότητα από τα καρστικά ύδατα τροφοδοτεί πλευρικά και τους υδροφόρους σχηματισμούς των αλλουβιακών του αποθέσεων.

Όσον αφορά στα πηγαία ύδατα του Αργολικού πεδίου, στις δυτικές παρυφές του, αναπτύσσεται ένα μέτωπο πηγών που αποτελείται από τις πηγές: του Κεφαλαρίου, της Λέρνης, της Κρόης ή Αμυμώνης και τις υποθαλάσσιες πηγές του Κιβερίου με μέσες παροχές $2.42 \text{ m}^3/\text{sec}$, $1.58 \text{ m}^3/\text{sec}$, $0.22 \text{ m}^3/\text{sec}$ και $13.58 \text{ m}^3/\text{sec}$ αντίστοιχα, οι οποίες αποτελούν βασική συνιστώσα του υδατικού δυναμικού από πλευράς παροχής, ποιότητας και θέσης. Στην ευρύτερη περιοχή αναπτύσσονται και άλλες πηγές μικρότερης ή τοπικής σημασίας.

Ύστερα από δειγματοληψία νερού στις πηγές Κιβερίου και Λέρνης (στο Κεφαλάρι δεν πάρθηκε δείγμα καθώς η πηγή δεν είχε νερό) προέκυψαν τα εξής:

Η πηγή Αναβάλου (Κιβερίου) είναι ακατάλληλη για υδρευτικούς σκοπούς καθώς έχει υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων, αντίθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρδευτικούς σκοπούς είτε αυτόνομη είτε με μίξη νερών από άλλες πηγές.

Η πηγή Λέρνης παρουσιάζει εξαιρετικές χημικές μετρήσεις, που δικαιολογεί πλήρως την χρησιμοποίησή της για την υδροδότηση της πόλεως του Άργους και του Ναυπλίου.

Από όλες τις προγενέστερες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τη λιθοστρωματογραφία της περιοχής, προκύπτει ότι στο Αργολικό πεδίο αναπτύσσονται επάλληλοι υδροφόροι σχηματισμοί, στους οποίους παρεμβάλλονται αργιλικά και αργιλώδη ιζήματα. Στο κεντρικό και νότιο τμήμα της πεδιάδας απαντούν υπό πίεση

υδροφόροι σχηματισμοί, ενώ προς τα περιθώρια της αναπτύσσονται ελεύθεροι υδροφόροι σχηματισμοί.

Σε ότι αφορά στην υδρολιθολογική συμπεριφορά των σχηματισμών του Αργολικού πεδίου, διακρίνονται σε περατούς, ημιπερατούς και πρακτικά αδιαπέρατους. Στους περατούς σχηματισμούς εντάσσονται οι πάσης φύσεως ανθρακικοί σχηματισμοί, στους ημιπερατούς σχηματισμούς τα Πλειοπλειοστοκαινικά κροκαλοπαγή και λοιπά ιζήματα ενώ στους πρακτικά αδιαπέρατους, ο σχηματισμός του φλύσχη και οι διάφοροι σχιστόλιθοι της Πελαγονικής ζώνης.

Η διακύμανση της στάθμης των υπόγειων νερών σε όλη την περιοχή της πεδιάδας έχει μελετηθεί ίσως περισσότερο από κάθε άλλη περιοχή στον Ελληνικό χώρο. Οι πρώτες μετρήσεις άρχισαν το 1963 και συνεχίστηκαν μέχρι το 1975. Στη συνέχεια, αφού ακολούθησε μία δεκαετία χωρίς μετρήσεις, το 1985 άρχισε μία δεύτερη σειρά μετρήσεων, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Τόσο οι μετρήσεις των προηγούμενων ετών όσο και οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα τέλη του Οκτωβρίου (2014) στα πλαίσια της παρούσας έρευνας έδωσαν σημαντικές πληροφορίες σε ότι αφορά στις περιοχές υπόγειας πλευρικής τροφοδοσίας και κίνησης των υπόγειων νερών. Βασικές περιοχές τροφοδοσίας αποτελούν οι ανθρακικοί σχηματισμοί των περιθωρίων και συγκεκριμένα το μέτωπο μεταξύ των οικισμών Μύλοι - Σκαφιδάκι και αυτό βορειοδυτικά του Άργους, δυτικά του χειμάρρου Ξεριά. Οι υδροφόροι σχηματισμοί τροφοδοτούνται επίσης από τους πολυάριθμους χειμάρρους που εισρέουν και διηθούνται στις ανατολικές κυρίως παρυφές της πεδιάδας. Σημαντική επίσης τροφοδοσία εκτιμάται ότι λαμβάνει χώρα από την περιοχή του Ερασίνου, ο οποίος πηγάζει από το Κεφαλάρι και διασχίζει το βάλτο της Νέας Κίου.

Σε γενικές γραμμές η πιεζομετρική εικόνα του Οκτωβρίου 2014 έχει βελτιωθεί σε σύγκριση με το 2010, το 2005, το 1995 και προσομοιάζει με αυτήν του 1986. Δαπιστώνουμε ότι οι αρνητικές τιμές των υδραυλικών φορτίων εξακολουθούν να καταλαμβάνουν ακόμη μεγάλη έκταση του Αργολικού κάμπου αλλά εμφανίζονται και σημαντικά θετικά πιεζομετρικά φορτία. Στους παρακάτω πίνακες περιγράφονται οι περιοχές με τις χαμηλότερες αρνητικές τιμές υδραυλικών φορτίων.

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΠΕΡΙΟΧΗ | ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (m) |
|----------|-------------|----------------------|
| 54 | ΠΥΡΓΕΛΑ | -15 |
| 90Γ | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | -17 |
| 144 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | -21 |
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | -21 |
| 142 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | -23 |
| 513,514 | ΗΡΑ | -25 |
| 64 | ΙΝΑΧΟΣ | -25 |
| 249 | ΙΝΑΧΟΣ | -28,4 |

Πίνακας: 10.1: Χαμηλότερες τιμές αρνητικών υδραυλικών φορτίων

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΠΕΡΙΟΧΗ | ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (m) |
|----------|---------------|----------------------|
| 192 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 84,3 |
| 261 | ΑΓ. ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 61 |
| 169 | ΑΓ. ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 40,7 |
| 244 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 41,8 |
| 283 | ΚΛΕΙΣΟΥΡΑ | 40 |

Πίνακας: 10.2: Υψηλότερες τιμές θετικών υδραυλικών φορτίων

Όσον αφορά την περιοχή Ασίνη – Δρέπανο, συγκρίνοντας τις δικές μας μετρήσεις (Οκτώβριος 2014) με αυτές της αντίστοιχης περιόδου το 2010, μπορούμε να διακρίνουμε μια σταδιακή ανύψωση της στάθμης που κυμαίνεται από 0,04m (γεωτρ. Α7) έως 4,90m (γεωτρ. Α13). Πιθανοί λόγοι αυτής της κατάστασης, φαίνεται να είναι κατά κύριο λόγο α) η εφαρμογή το 2009 τεχνητού εμπλουτισμού αλλά και β) το δίκτυο του Αναβάλου.

Επιπρόσθετα στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, πραγματοποιείται μία σύντομη βιβλιογραφική περιγραφή των φάσεων του τεχνητού εμπλουτισμού που εφαρμόστηκε στο Αργολικό πεδίο και των αποτελεσμάτων του. Η εφαρμογή του άρχισε κατά την περίοδο 1964 -68 με νερά της πηγής Κεφαλαρίου, επιφέροντας άμεσα και ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Κατά την τελευταία δεκαετία, μετά από τις έντονες ανομβρίες της περιόδου 1989-90, ο τεχνητός εμπλουτισμός εφαρμόζεται και πάλι με ποικίλες ποσότητες νερού, το οποίο διοχετεύεται σε γεωτρήσεις και φρέατα της πεδιάδας, διαμέσου των υφισταμένων δικτύων μεταφοράς και διωρύγων της Νέας Κίου και του Κιβερίου. Επίσης αναφέρεται το πρόσφατο έργο του Τεχνητού Εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών στις περιοχές του Αργολικού Πεδίου και Ασίνης - Δρεπάνου, κατά την περίοδο Ιανουάριος - Απρίλιος 2009.

Η εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού στο Αργολικό πεδίο αποδείχτηκε και αποδεικνύεται ακόμη και σήμερα ότι αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο στη φαρέτρα μας για την αντιμετώπιση όχι μόνο της θαλάσσιας διείσδυσης αλλά και της εξάντλησης των υδατικών αποθεμάτων της περιοχής. Όλα αυτά τα χρόνια η εφαρμογή του έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο υδατικό ισοζύγιο του Αργολικού κάμπου. Μπορεί να μην παρουσιάζονται τεράστιες αλλαγές στην πιεζομετρία ή στην υδροχημική κατάσταση του αλλά τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως και η διατήρηση ενός φαινομένου (υφαλμύρωση ή νιτροπύπανση) στα ίδια σχετικά επίπεδα ή και λίγο καλύτερα αποτελεί επιτυχία από μόνο του. Ας σκεφτούμε λίγο πώς θα ήταν η ποσοτική και ποιοτική κατάσταση της περιοχής μελέτης μας αν δεν εφαρμοζόταν τόσα χρόνια τεχνητός εμπλουτισμός. Αυτό που θέλω να πω, είναι ότι το πρόβλημα υφαλμύρωσης υπάρχει και θα συνεχίσει να υπάρχει στον Αργολικό κάμπο καθώς δεν παίρνονται δραστικά μέτρα για την καταπολέμησή του. Οι ανεξέλεγκτες αντλήσεις γεωτρήσεων και πηγαδιών θα συνεχιστούν από του ασυνείδητους πολίτες, καθώς θα έχουν ανάγκη για νερό, η συνεχής χρήση λιπασμάτων θα συνεχίσει να επιβαρύνει σημαντικά τα εδάφη του Αργολικού κάμπου, επομένως ο μόνος τρόπος να συντηρήσουμε την υπάρχουσα κατάσταση σε καλά επίπεδα, είναι η εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού. Η εφαρμογή φυσικά από μόνη της δεν μπορεί να επιφέρει σαρωτικές αλλαγές αλλά σίγουρα μπορεί να διατηρήσει την κατάσταση στον Αργολικό κάμπο σταθερή και να ενισχύσει δραστικά στην μείωση του χρόνου αποκατάστασης της ποιότητας του Αργολικού πεδίου, που είναι σαφώς πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της ποσότητας.

Παρατίθενται υδροχημικοί χάρτες όλων των βασικών ιόντων με εμφανές σημείο τις υψηλές τιμές χλωρίων, νιτρικών και θειικών ιόντων, γεγονός αναμενόμενο, αν αναλογιστούμε την εντατική καλλιέργεια που υφίσταται ο Αργολικός κάμπος. Η εντατικοποίηση της καλλιέργειας στο Αργολικό πεδίο έχει ως συνέπεια την χρήση περισσότερων ποσοτήτων λιπασμάτων και φυσικά την ανεξέλεγκτη άντληση υδατικών αποθεμάτων.

Πιο συγκεκριμένα τα νερά είναι γενικώς αλκαλικά, με ελάχιστες εξαιρέσεις ($\text{pH} < 7$). Τα χλωριόντα είναι σε υψηλές συγκεντρώσεις σε πολύ μεγάλο τμήμα της πεδιάδας. Κυμαίνονται από (6 – 1930) mg/l με μέση τιμή τα 248mg/l. Στις περιμετρικές όμως ζώνες τροφοδοσίας και εμπλουτισμού η υφαλμύρωση έχει μειωθεί σημαντικά.

Επιπρόσθετα οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι αρκετά υψηλές στον κεντρικό τομέα του Αργολικού πεδίου με εξαίρεση τις περιμετρικές ζώνες τροφοδοσίας των υδροφορέων. Κυμαίνονται από (423 – 6250) $\mu\text{S}/\text{cm}$ με μεγάλη τυπική απόκλιση, που υποδηλώνει διακυμάνσεις κατά τόπους γύρω από τη μέση τιμή.

Η νιτρορύπανση είναι υψηλή. Σε σημαντικής έκτασης περιοχές υπάρχουν υπερβάσεις της τιμής των 50mg/l. Σε 27 γεωτρήσεις από τις 60 η τιμή NO₃⁻ είναι μεγαλύτερη από 50mg/l (ποσοστό 45%).

Για την περιοχή της Ασίνης – Δρεπάνου η κατάσταση είναι παρόμοια. Η αγωγιμότητα και τα χλωριόντα έχουν υψηλές τιμές παρά το γεγονός ότι δεν παρατηρούνται αρνητικές τιμές στις υδροστατικές στάθμες σύμφωνα με τις πρόσφατες μετρήσεις (Οκτώβριος 2014).

Τέλος, με τον πολυκριτηριακό δείκτη Galdit γίνεται μια προσπάθεια αποτύπωσης της χωρικής ευαισθησίας του υδροφόρου συστήματος (Αργολικού πεδίου) ως προ το φαινόμενο της υφαλμύρωσης δηλαδή της θαλάσσιας διείσδυσης στο εσωτερικό του Αργολικού κάμπου. Οι πιο ευαίσθητες περιοχές εντοπίζονται παραλιακά και ειδικότερα βορειοδυτικά του Ναυπλίου, γεγονός που συμβαδίζει με τις μετρήσεις των χλωριόντων στην περιοχή έρευνας.

10.2 Προτάσεις - Μέτρα προστασίας για βιώσιμη διαχείριση του υδάτινου δυναμικού στην Αργολίδα

Από την ανεξέλεγκτη, μακροχρόνια και εντατική εκμετάλλευση των υπόγειων νερών τα υδροφόρα στρώματα της πεδιάδας έχουν υποβαθμιστεί ποσοτικά και ποιοτικά. Τα προβλήματα αυτά διογκώνονται κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, καθώς οι ανάγκες σε νερό είναι αυξημένες και οι εντατικές αντλήσεις οδηγούν σε κρίσιμες καταστάσεις για τόσο ζωτικής σημασίας φυσικά συστήματα.

Αιτία δημιουργίας αυτών των προβλημάτων δεν είναι άλλη από την έλλειψη σωστής διαχείρισης των διαθέσιμων αποθεμάτων και της ορθολογικής τους χρήση. Ιδιαίτερα οι υπόγειοι υδροφορείς είναι ευάλωτοι σε λάθος συνθήκες διαχείρισης, αφού η ποιοτική υποβάθμιση των διαθέσιμων αποθεμάτων τους οδηγεί πρακτικά στην καταστροφή ολόκληρου του υδροφορέα.

Οι υπόγειοι υδατικοί πόροι είναι πεπερασμένοι, τρωτοί σε εξωτερική ρύπανση, ανομοιόμορφα κατανομημένοι, στενά εξαρτώμενοι από ακραίες συχνά μεταβολές του υδρολογικού καθεστώτος αλλά και απολύτως απαραίτητοι για την συντήρηση της ζωής και της ανάπτυξης του περιβάλλοντος. Η υπερεκμετάλλευση τους έχει προκαλέσει σε πολλές παράκτιες περιοχές και νησιά σημαντική ταπείνωση στάθμης, καθιζήσεις εδαφών, υφαλμύρωση και γενικότερα ποιοτική υποβάθμιση του νερού.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χρειάζεται η εφαρμογή μέτρων και στρατηγικός σχεδιασμός για μια ορθολογική διαχείριση. Η πολιτική διαχείρισης που πρόκειται να υιοθετηθεί από τους αρμόδιους φορείς και οργανισμούς, κρίνεται απαραίτητο να βασίζεται στην ισόρροπη ανάπτυξη της περιοχής με παράλληλη διατήρηση των

υδατικών και λοιπών φυσικών πόρων. Στο πλαίσιο της βιώσιμης τουριστικής και κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης της περιοχής πρέπει να εξασφαλίζονται τα εξής:

- Διατήρηση της ποιότητας των υδατικών και εν γένει των φυσικών πόρων.
- Ισόρροπη ανάπτυξη τουριστικών και οικιστικών μονάδων με στόχο την αειφορία.
- Δημιουργία συνθηκών οικονομικής άνθησης χωρίς κατασπατάληση των υπαρχόντων φυσικών πόρων.
- Δημιουργία οικισμών και τουριστικών μονάδων με στόχο την ανθρώπινη διάσταση, που να προσφέρει στους επισκέπτες ηρεμία και ξεκούραση και στους κατοίκους υλική και πνευματική ευημερία.
- Διατήρηση της ομορφιάς και της φυσικότητας του τοπίου και της πολιτιστικής κληρονομιάς. (Μαντόγλου,1997)

Συγκεκριμένα, για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας του υδατικού περιβάλλοντος στο Αργολικό πεδίο, προτείνονται τα παρακάτω:

Εκπόνηση Υδρογεωλογικών Μελετών

Η κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών τόσο στο Αργολικό πεδίο όσο και στην περιοχή Ασίνη - Δρέπανο πραγματοποιείται σε μεγάλο ποσοστό από τα πηγαία ύδατα (Κεφαλήρη, Λέρνη) και από τα υπόγεια νερά. Δεδομένου της σπουδαιότητας της υπόγειας υδροφορίας, κρίνεται σκόπιμη η διενέργεια υδρογεωλογικής έρευνας στο Αργολικό πεδίο, που λόγω της ύπαρξης ασβεστόλιθων στο υπέδαφος, εμφανίζεται καρστική υδροφορία.

Ποσοτικός - Ποιοτικός έλεγχος νερού

Οι αυξανόμενες ανάγκες της περιοχής σε νερό και η ταυτόχρονη υποβάθμιση της ποιότητας των υδατικών πόρων που παρατηρείται ως συνέπεια των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων (τουρισμός, γεωργία κτλ), καθιστούν αναγκαία τη συστηματική παρακολούθηση των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Στη λογική αυτή συντείνει και η έλλειψη επαρκών υδρολογικών στοιχείων ώστε να είναι εφικτή η σύνταξη τεκμηριωμένου υδατικού ισοζυγίου. Για την ακριβή εκτίμηση του υδατικού δυναμικού στο Αργολικό πεδίο είναι απαραίτητη η δημιουργία βάσεως δεδομένων που θα υποστηρίζεται από τις παρακάτω ενέργειες:

- Δημιουργία μικρομετεωρολογικού σταθμού εξοπλισμένου με σύγχρονα όργανα, που θα επιτρέπουν την εφαρμογή κατάλληλων ποσοτικών μεθόδων (π.χ. Penman) εκτίμησης συνιστωσών του υδατικού ισοζυγίου.
- Εγκατάσταση δικτύου μέτρησης παροχών σε ρέματα.
- Εγκατάσταση μονίμου δικτύου παρακολούθησης της υπόγειας στάθμης των υδροφόρων σχηματισμών.
- Στα σημεία ελέγχου παροχών και υπόγειας στάθμης να γίνονται μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων και ποιότητας των νερών.
- Καταγραφή και αξιοποίηση όλων των σημαντικών πηγών της ευρύτερης περιοχής.
- Καταγραφή των ιδιωτικών και δημοτικών γεωτρήσεων και φρεάτων.

Έργα διανομής νερού

Η περιορισμένη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων επιβάλλει την αντικατάσταση ή βελτίωση των δικτύων διανομής για τη μείωση του συντελεστή απωλειών. Τα διαβρωμένα υδρευτικά δίκτυα πολλαπλασιάζουν τις απαιτούμενες ανάγκες και επιπλέον επιβαρύνουν την ποιότητα του νερού, θέτοντας σε κίνδυνο σε κάποιες περιπτώσεις τη δημόσια υγεία. Η αντικατάσταση ή βελτίωση των δικτύων θα έχει ως συνέπεια τη μείωση ή και παύση των αντλήσεων από φρεάτια και γεωτρήσεις και τη σταδιακή βελτίωση των χαρακτηριστικών του υπόγειου υδροφορέα. Ας σημειωθεί, ότι πρόσφατα (2001) έχει ολοκληρωθεί το νέο αρδευτικό δίκτυο της περιοχής που μεταφέρει πηγαία νερά από τις πηγές Κιβερίου.

Έργα για τη μείωση της επιφανειακής απορροής σε επίπεδο υδρολογικής Λεκάνης

Η μείωση της επιφανειακής απορροής, ώστε τα όμβρια να συγκρατούνται και να διηθούνται στους υπόγειους υδροφορείς, μπορεί να επιτευχθεί με μία σειρά ενεργειών:

- Με τη δημιουργία αναβαθμίδων, οι οποίες μειώνουν την ταχύτητα απορροής και αυξάνουν την διήθηση.
- Πολιτική αναδάσωσης. Η αναβάθμιση και προστασία της φυσικής χλωρίδας και η οργανωμένη αναδάσωση θα βελτιώσει τις συνθήκες απορροής του νερού, ευνοώντας την κατείσδυση του και συνεπώς την τροφοδοσία του υπόγειων υδροφορέα.

- Μικρές δεξαμενές αποθήκευσης και μικρά φράγματα. Προτείνεται η κατασκευή τέτοιων έργων κατά μήκος μικρών ρεματιών για τη συγκράτηση μικρών ποσοτήτων νερού και τη χρήση τους στις παρακείμενες καλλιέργειες.

Οργάνωση Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

Η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων στον Ελληνικό χώρο διέπεται από το θεσμικό πλαίσιο που απορρέει από το Ν.1739/87 και τα σχετικά προεδρικά διατάγματα, καθώς επίσης και από τη νέα κοινοτική Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο παραπάνω νόμος αν και καταγράφει την πρόθεση για ενιαία εθνική υδατική πολιτική, παρουσιάζει πολλά κενά και ενισχύει την πολυδιάσπαση των αρμοδιοτήτων, με αποτέλεσμα αλληλοκαλύψεις και τριβές.

Στα πλαίσια αυτά θεωρείται σημαντική η ίδρυση ενός φορέα Διαχείρισης και προστασίας Υδατικών Πόρων στην ευρύτερη περιοχή του νομού Αργολίδας, (αφού είναι γνωστή η έκταση του φαινομένου της υφαλμύρωσης στην περιοχή π.χ Αργολικό πεδίο) και η στελέχωση του με εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό.

Παρακολούθηση και έλεγχος των αρδευτικών καταναλώσεων

Η απασχόληση με τη γεωργία αποτελεί σημαντικότερη οικονομική δραστηριότητα των κατοίκων στα Ίρια, η οποία όμως λόγω της ανάπτυξης του τουρισμού και της λειψυδρίας ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες, σταδιακά μειώνεται, αφού η παραγωγή δεν είναι ανάλογη ποιοτικά και ποσοτικά της προσπάθειας των αγροτών. Παρατηρούνται φαινόμενα υπεράντλησης και εξάντλησης των υπόγειων αποθεμάτων. Για τη βελτίωση των συνθηκών άρδευσης και συνάμα τη μείωση της αλόγιστης χρήσης των υπόγειων υδατικών πόρων προτείνονται οι παρακάτω ενέργειες:

- Εγκατάσταση υδρομετρητών στις γεωτρήσεις για τον έλεγχο των αντλήσεων.
- Εξέταση του ενδεχόμενου δημιουργίας ζωνών απαγόρευσης αντλήσεως, σε περιοχές κοντά σε ακτές, διότι σε τέτοιες ζώνες υπάρχει ο κίνδυνος διείσδυσης του θαλάσσιου νερού ακόμα και σε περίπτωση μικρών αντλούμενων ποσοτήτων.
- Εξέταση των τρόπων βελτίωσης των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του υδροφόρου σχηματισμού, με την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού.

Ευαισθητοποίηση των κατοίκων

Για την παραγωγική και αποδοτική διαχείριση των υδατικών πόρων απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η αλλαγή στη νοοτροπία του κοινωνικού συνόλου σε ό,τι αφορά

στη χρήση των πόρων. Η θέσπιση νομικού πλαισίου και η λήψη αποφάσεων από τις αρμόδιες αρχές αποτελούν βέβαια σημαντικό βήμα προς την αειφορία του υδάτινου περιβάλλοντος αλλά η επίτευξη του στόχου δεν είναι εφικτή χωρίς τη συνειδητοποίηση και ευαισθητοποίηση των κατοίκων.

Ο παραμερισμός της λογικής κάλυψης των ατομικών, βραχυπρόθεσμων συμφερόντων (ανόρυξη γεωτρήσεων, υπεραντλήσεις, κα.), η οποία εμφανίζεται στην περιοχή ως απόρροια της ελλιπούς ενημέρωσης των κατοίκων, θα οδηγήσει στον περιορισμό της σπατάλης και της υποβάθμισης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Καθοριστικό, επίσης, ρόλο στην αποτελεσματική εφαρμογή πολιτικής για τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων θα διαδραματίσει η ενημέρωση του εποχιακού πληθυσμού της περιοχής, η προσέλευση του οποίου προκαλεί αύξηση των υδρευτικών αναγκών κατά τους θερινούς μήνες που οι βροχοπτώσεις είναι μηδενικές και συνεπώς δεν πραγματοποιείται τροφοδοσία των υδατικών διαθεσίμων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βασιλείου Ε. (2011) Υδρογεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής Ποταμιάς Ελασσόνας: Επιπτώσεις από τη μελλοντική εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων στο υδατικό καθεστώς. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών. Τομέας Γεωλογικών Επιστημών

Βουδούρης Κ., 2009. Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Υπόγεια νερά και Περιβάλλον, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ 80-81,91, 98-103, 255-263,403-418

Γαλέος Α. (1967), Μελέτη επί των (αλλουβιακών) αποθέσεων του Αργολικού πεδίου δια την εύρεσιν της συμπεριφοράς και της χωρητικότητας των υδροφόρων αυτού. ΥΠΓΕ (ΥΕΒ), Αθήνα.

Γιαννουλόπουλος Π., «Υπόγεια Υδραυλική και Μαθηματικά Μοντέλα στο Αργολικό πεδίο», Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Αθήνα, 2000.

Γιαννουλόπουλος Π. (2002α). Παρακολούθηση Εφαρμογής Τεχνητού Εμπλουτισμού των υδροφόρων οριζόντων του Αργολικού Πεδίου. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Αργολίδας, Δνση Εδαφοϋδατικών Πόρων και Εκμηχάνιση Γεωργίας

Γιαννουλόπουλος Π. (2002β). Υπόγεια υδραυλική και μηχανισμοί λειτουργίας των υδροφόρων σχηματισμών του Αργολικού πεδίου - Εωσιολογικό μοντέλο. (Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου. σελ. 35-46.)

Γιαννουλόπουλος Π., Αλεξανδρής Σ., Ψυχογιού Μ. και Α. Πουλοβασίλης (2002). Υ φαλμύρωση και ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών του Αργολικού πεδίου Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου. σελ. 1-12.

Γιαννούλας Ε., Ζυμής Α.: «Έκθεση εφαρμογής Τεχνητού Εμπλουτισμού στις περιοχές Αργολικού Πεδίου & Ασίνης – Δρεπάνου. Ιανουάριος – Απρίλιος 2009», Δ.Ε.Β. ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ, Ιούνιος 2009

Γιάσογλου Ν., Α. Νυχάς, Κ. Αποστολάκης, Κ. Κοσμάς (1983). Εδαφολογική μελέτη περιοχής Αργολικού πεδίου, Αθήνα: Υπουργείο Γεωργίας-Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών.

Δουλγέρης Χ., Διπλωματική Εργασία «Διείσδυση Θαλασσινού νερού σε Παράκτιους Υδροφορείς-Μαθηματική Προσομοίωση του φαινομένου» Γεωπονική Σχολή, Θεσσαλονίκη 2005.

Δούνας Α. Γ και Α. Β. Ελευθερίου (1978), Έρευναι επί της δυνατότητας αναρρυθμίσεως των υδάτων πηγής Κεφαλαρίου Άργους. ΙΓΜΕ, Υδρολογικά και Υδρογεωλογικά Έρευναι, Νο 27.

Καλλέργης, Γ. (2000). Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Β'. Εκδόσεις ΤΕΕ, Αθήνα, σελ. . 96-98, 327-336

Καλλιώρας Α., (2008). Διαχείριση υπόγειων υδατικών πόρων σε υδροφόρους που υπόκεινται σε καθεστώς θαλάσσιας διείσδυσης. Η περίπτωση του δυτικού παράκτιου τμήματος του Ν. Ροδόπης. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Δ.Π.Θ., σελ. 69-75, 142-155, 167-168

Κουράκος Γ., «Βελτιστοποίηση Αντλήσεων Παράκτιων Υδροφορέων με Περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια», Διδακτορική διατριβή, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Αθήνα, 2009.

Κουτσογιάννης Δ. & Ξανθόπουλος Θ., (1999), «Τεχνική Υδρολογία», Ε.Μ.Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας υδατικών πόρων, Αθήνα.

Κουτσογιάννης Δ., «Υδρομετεωρολογία - Εξάτμιση και διαπνοή» Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2000.

Μαντόγλου Α., Κουράκος Γ., «Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου ανάλυσης παράκτιων υδροφορέων», Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης 2000-2006: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα, Τεύχος 4β, Αθήνα, 2005.

Νικολή Ρ., Διπλωματική εργασία, «Διερεύνηση Υδάτινου Δυναμικού Υπόγειου Υδροφορέα Εμπορείου – Περίσσης Ν. Θήρας», Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα 2007

Πουλοβασίλης Α, Μιμίδης Θ, Γιαννουλόπουλος (1996), Ερευνητικό πρόγραμμα: "Χρησιμοποίηση για άρδευση του φράγματος του νερού Κιβερίου Αργολίδας και παρακολούθηση και αντιμετώπιση της υπαλμύρωσης των υπόγειων νερών του Αργολικού πεδίου". Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής. Επιστημονικός Υπεύθυνος Α. Πουλοβασίλης

Στάμος Κ., Διπλωματική Εργασία «Προσομοίωση Παράκτιου Υπόγειου Υδροφορέα Ζεφυρίου Μήλου», Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ ΕΜΠ, Αθήνα 2010.

Στρατικόπουλος Κ., Διπλωματική εργασία « Υδρεγεωλογική και υδοχημική μελέτη των θερμομεταλλικών πηγών της δυτικής Πελοποννήσου με τη χρήση σταθερών ισότοπων», Τμήμα Γεωλογίας – Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2007.

Τσακίρης Γ., (1995), «Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία», Ε.Μ.Π., Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα.

Τσακίρης Γ., (2006), «Υδραυλικά Έργα, Σχεδιασμός και Διαχείριση – Τόμος ΙΙ: Εγγειοβελτιωτικά Έργα», Αθήνα.

Χατζούλη Ε., Διπλωματική Εργασία «Υφαλμύρωση Παράκτιων Υδροφορέων- Διερεύνηση Παράκτιου Υδροφορέα στην Περιοχή των Ιρίων Αργολίδας», Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα 2005.

Ξένη Βιβλιογραφία

Bakker M., (2005), The Sea Water Intrusion (SWI) Package Manual, Artesia – The University of Georgia.

Bear J., (1979), Hydraulics of Groundwater, Edition of 2007, Dover Publications Inc., Mineola, New York.

Bear J., (1972), Dynamics of Fluids in Porous Media, Dover Publications Inc., Mineola, New York.

Garing C., Luquot L., Pezard P.A., Gouze P. (2013). Geochemical investigations of saltwater intrusion into the coastal carbonate aquifer of Mallorca, Spain. Applied Geochemistry, Vol.39, No 1, pp.1-9

Hiscock K., (2005), Hydrogeology Principles and Practice, Blackwell Publishing, 2nd Edition.

Todd D., Mays L. (2005). Groundwater Hydrology. 3rd Edition. Wiley, USA, pp.589-601

Mantoglou A., Papantoniou M., & Giannouloupoulos P., (2004), “Management of coastal Aquifers based on nonlinear optimization and evolutionary algorithms”, Journal of Hydrology 297, p. 209 – 228

Reilly T. & A. Goodman, (1985), «Quantitative analysis of saltwater – freshwater relationships in groundwater systems – a historical perspective», U.S. Geological Survey, Polytechnic Institute of New York, Brooklyn.

Morris & Johnson, (1967), "Summary of Hydrologic and Physical Properties of Rock and Soil materials, as analyzed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey, 1948 – 60, U.S.G.S. Water Supply paper, 1839 – D.

Lobo Ferreira J. P., Chachadi A. G., Diamantino C., Henriques M. J., (2005).Assessing aquifer vulnerability to seawater intrusion using GALDIT method: Part 1 – Application to the Portuguese Aquifer of Monte Gordo. Proceedings of the 4th InterCeltic Colloquium on Hydrology and Management of Water "Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability", eds. J.P.Lobo Ferreira and José M. P. Vieira, held at Universidade do MinhoGuimarães, Portugal, July 11- 13, 2005, <http://www.iahs.info/>, IAHS (International Association of Hydrological Sciences), Publication 310, pp. 1-12

Lobo Ferreira J. P., Chachadi A. G., Diamantino C., Henriques M. J., (2005).Assessing aquifer vulnerability to seawater intrusion using GALDIT method: GALDIT Indicators Description.Proceedings of the 4th InterCeltic Colloquium on Hydrology and Management of Water "Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability", eds. J.P. Lobo Ferreiraand José M. P. Vieira, held at Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, July 11- 13, 2005, <http://www.iahs.info/>, IAHS (International Association of Hydrological Sciences), Publication 310, pp.1-9

Melloul A. J., Goldenberg L. C.(1997). Monitoring of Seawater Intrusion in Coastal Aquifers: Basics and Local Concerns. Journal of Environmental Management, Vol.51, No1, pp.78-85

Polemio M., Dragone Z V., Limoni Z P. P. (2009). Monitoring and methods to analyse the groundwater quality degradation risk in coastal karstic aquifers(Apulia, Southern Italy). [Environmental Geology](#), Vol.58, No 2, pp.299-312

Psychoyou ., Mimides T., Rizos S., Sgoubopoulou A. (2006). Groundwater hydrochemistry at Balkan coastal plains — the case of Marathon of Attica, Greece. Desalination, Vol. 213, No 1-3, pp. 1-8.

Richard G. Allen & Luis S. Pereira & Dirk Raes & Martin Smith, FAO Irrigation and Drainage Paper, No 56, 2000.Food and Agricultural Organization of the United Nations (1997). Seawater Intrusion in Coastal Aquifers-Guidelines for Study, Monitoring and Control. FAO, Italy, pp.12-24

Stamatis G., Voudouris K., Karefilakis F. (2001), Groundwater pollution by heavymetals in historical Mining area of Lavrio, Attica, Greece. [Water, Air, and Soil Pollution](#), Vol.128, No. 1-2, pp.63-68

Todd D., (1980), Groundwater Hydrology, Second Edition, John Wiley & Sons Inc, New York.

Trabelsi F., Mammou A.B., Tarhouni J., Piga C., Ranieri G. (2012). Delineation of saltwater intrusion zones using the time domain electromagnetic method: the Nabeul–Hammamet coastal aquifer case study(NE Tunisia). *Hydrological Processes*, Vol. 27, No 14, pp. 2005-2018

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

REPORT ANA ΣΗΜΕΙΟ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 101 | | | |
| Site | | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,84865 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 1569,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 3307,0 | | | |
| Balance | -70,4 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 105,1 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 4,3 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 200 | 8,70 | 8,70 | |
| K | 2 | 0,051 | 0,051 | |
| Ca | 1400 | 34,93 | 69,86 | |
| Mg | 1705 | 70,15 | 140,30 | |
| Cl | 940 | 26,51 | 26,51 | |
| SO ₄ | 320 | 3,33 | 6,67 | |
| NO ₃ | 49 | 0,63 | 0,63 | |
| HCO ₃ | 260 | 4,26 | 4,26 | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,82 | 0,50 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 4,38 | 10,48 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,21 | 0,33 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|--------|-------------|---------------|--------|
| Sample ID | 120 | | | |
| Site | | NEA TIPYNΘA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Cl-SO4 | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 1,1656 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 1644,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 396,0 | | | |
| Balance | 32,1 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 8,9 | mg/l CaCO3 | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO3 | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 80 | 3,48 | 3,48 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 250 | 6,24 | 12,48 | |
| Mg | 65 | 2,67 | 5,35 | |
| Cl | 1035 | 29,19 | 29,19 | |
| SO4 | 563 | 5,86 | 11,73 | |
| NO3 | 46 | 0,59 | 0,59 | |
| HCO3 | | | | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 3,85 | 2,33 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO4 | 0,44 | 1,06 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,08 | 0,12 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 13 | | | |
| Site | | AKOBA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,16961 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 30,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 97,0 | | | |
| Balance | -75,1 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 2,4 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 6 | 0,26 | 0,26 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 85 | 2,12 | 4,24 | |
| Mg | 6 | 0,25 | 0,49 | |
| Cl | 15 | 0,42 | 0,42 | |
| SO ₄ | 12 | 0,13 | 0,25 | |
| NO ₃ | 3 | 0,04 | 0,04 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 14,17 | 8,59 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 7,08 | 16,97 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,40 | 0,62 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 145 | | | |
| Site | | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Mg-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,62517 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 179,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 176,0 | | | |
| Balance | -38,4 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 4,1 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 29 | 1,26 | 1,26 | |
| K | 2 | 0,051 | 0,051 | |
| Ca | 117 | 2,92 | 5,84 | |
| Mg | 28 | 1,15 | 2,30 | |
| Cl | 110 | 3,10 | 3,10 | |
| SO ₄ | 27 | 0,28 | 0,56 | |
| NO ₃ | 42 | 0,54 | 0,54 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 4,18 | 2,53 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 4,33 | 10,38 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,26 | 0,41 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 147 | | | |
| Site | | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,15149 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 262,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 651,0 | | | |
| Balance | -81,5 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 21,1 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,4 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 16 | 0,70 | 0,70 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 310 | 7,73 | 15,47 | |
| Mg | 325 | 13,37 | 26,74 | |
| Cl | 13 | 0,37 | 0,37 | |
| SO ₄ | 8 | 0,08 | 0,17 | |
| NO ₃ | 31 | 0,40 | 0,40 | |
| HCO ₃ | 210 | 3,44 | 3,44 | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,95 | 0,58 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 38,75 | 92,82 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 1,23 | 1,90 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 169 | | | |
| Site | | ΑΓ. ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,42507 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 641,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 1278,0 | | | |
| Balance | -72,6 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 41,6 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,4 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 63 | 2,74 | 2,74 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 518 | 12,92 | 25,85 | |
| Mg | 696 | 28,64 | 57,27 | |
| Cl | 204 | 5,75 | 5,75 | |
| SO ₄ | 190 | 1,98 | 3,96 | |
| NO ₃ | 39 | 0,50 | 0,50 | |
| HCO ₃ | 208 | 3,41 | 3,41 | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,74 | 0,45 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 2,73 | 6,53 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,31 | 0,48 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 175 | | | |
| Site | | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Na-Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 9,0 | | | |
| SAR | 2,8368 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 1085,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 756,0 | | | |
| Balance | -27,9 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 16,6 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 6,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 266 | 11,57 | 11,57 | |
| K | 5 | 0,128 | 0,128 | |
| Ca | 205 | 5,12 | 10,23 | |
| Mg | 280 | 11,52 | 23,04 | |
| Cl | 614 | 17,32 | 17,32 | |
| SO ₄ | 69 | 0,72 | 1,44 | |
| NO ₃ | 6 | 0,08 | 0,08 | |
| HCO ₃ | 396 | 6,49 | 6,49 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,73 | 0,44 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 2,97 | 7,12 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,43 | 0,67 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 177 | | | |
| Site | | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,12376 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 309,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 734,0 | | | |
| Balance | -79,5 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 24,2 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 14 | 0,61 | 0,61 | |
| K | 4 | 0,102 | 0,102 | |
| Ca | 324 | 8,08 | 16,17 | |
| Mg | 392 | 16,13 | 32,26 | |
| Cl | 50 | 1,41 | 1,41 | |
| SO ₄ | 16 | 0,17 | 0,33 | |
| NO ₃ | 32 | 0,41 | 0,41 | |
| HCO ₃ | 211 | 3,46 | 3,46 | |
| Ratios | | | Comparision to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,83 | 0,50 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 20,25 | 48,51 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,28 | 0,43 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|-------------|----------------|--------|
| Sample ID | 182 | | | |
| Site | | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,18976 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 491,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 1019,0 | | | |
| Balance | -75,4 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 32,8 | mg/l CaCO3 | | |
| Alkalinity | 3,5 | mg/l CaCO3 | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 25 | 1,09 | 1,09 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 495 | 12,35 | 24,70 | |
| Mg | 498 | 20,49 | 40,98 | |
| Cl | 109 | 3,07 | 3,07 | |
| SO4 | 78 | 0,81 | 1,63 | |
| NO3 | 88 | 1,13 | 1,13 | |
| HCO3 | 216 | 3,54 | 3,54 | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,99 | 0,60 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO4 | 6,35 | 15,20 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,23 | 0,35 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 188 | | | |
| Site | | INAXΟΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Mg-Cl | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,49177 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 91,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 146,0 | | | |
| Balance | -61,3 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 21 | 0,91 | 0,91 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 102 | 2,55 | 5,09 | |
| Mg | 22 | 0,91 | 1,81 | |
| Cl | 40 | 1,13 | 1,13 | |
| SO ₄ | 12 | 0,13 | 0,25 | |
| NO ₃ | 39 | 0,50 | 0,50 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | Comparision to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 4,64 | 2,81 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 8,50 | 20,36 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,53 | 0,81 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 19 | | | |
| Site | | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Na-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,75261 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 161,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 172,0 | | | |
| Balance | -36,9 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,6 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 33 | 1,44 | 1,44 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 126 | 3,14 | 6,29 | |
| Mg | 12 | 0,49 | 0,99 | |
| Cl | 105 | 2,96 | 2,96 | |
| SO ₄ | 43 | 0,45 | 0,90 | |
| NO ₃ | 13 | 0,17 | 0,17 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 10,50 | 6,37 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 2,93 | 7,02 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,31 | 0,48 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 192 | | | |
| Site | | MYKHNES | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 8,0 | | | |
| SAR | 0,31860 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 292,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 385,0 | | | |
| Balance | -67,7 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 12,6 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 2,2 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 26 | 1,13 | 1,13 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 134 | 3,34 | 6,69 | |
| Mg | 225 | 9,26 | 18,51 | |
| Cl | 33 | 0,93 | 0,93 | |
| SO ₄ | 42 | 0,44 | 0,88 | |
| NO ₃ | 80 | 1,03 | 1,03 | |
| HCO ₃ | 137 | 2,25 | 2,25 | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,60 | 0,36 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 3,19 | 7,64 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,79 | 1,21 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 212 | | | |
| Site | | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,39750 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 172,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 168,0 | | | |
| Balance | -36,7 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 18 | 0,78 | 0,78 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 139 | 3,47 | 6,94 | |
| Mg | 10 | 0,41 | 0,82 | |
| Cl | 94 | 2,65 | 2,65 | |
| SO ₄ | 40 | 0,42 | 0,83 | |
| NO ₃ | 38 | 0,49 | 0,49 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 13,90 | 8,43 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 3,48 | 8,32 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,19 | 0,30 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 213 | | | |
| Site | | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,09747 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 321,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 737,0 | | | |
| Balance | -79,6 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 24,1 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 4,3 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 11 | 0,48 | 0,48 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 354 | 8,83 | 17,67 | |
| Mg | 371 | 15,26 | 30,53 | |
| Cl | 11 | 0,31 | 0,31 | |
| SO ₄ | 40 | 0,42 | 0,83 | |
| NO ₃ | 10 | 0,13 | 0,13 | |
| HCO ₃ | 260 | 4,26 | 4,26 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,95 | 0,58 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 8,85 | 21,20 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 1,00 | 1,54 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 214 | | | |
| Site | | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca- | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,22001 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 60,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 132,0 | | | |
| Balance | -66,7 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,2 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 9 | 0,39 | 0,39 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 117 | 2,92 | 5,84 | |
| Mg | 6 | 0,25 | 0,49 | |
| Cl | 28 | 0,79 | 0,79 | |
| SO ₄ | 18 | 0,19 | 0,38 | |
| NO ₃ | 14 | 0,18 | 0,18 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 19,50 | 11,83 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 6,50 | 15,57 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,32 | 0,50 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 218 | | | |
| Site | | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,08209 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 258,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 696,0 | | | |
| Balance | -82,2 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 22,7 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,2 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 9 | 0,39 | 0,39 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 341 | 8,51 | 17,02 | |
| Mg | 346 | 14,24 | 28,47 | |
| Cl | 10 | 0,28 | 0,28 | |
| SO ₄ | 39 | 0,41 | 0,81 | |
| NO ₃ | 12 | 0,15 | 0,15 | |
| HCO ₃ | 197 | 3,23 | 3,23 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,99 | 0,60 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 8,74 | 20,94 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,90 | 1,39 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 223 | | | |
| Site | | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,61563 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 381,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 752,0 | | | |
| Balance | -71,4 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 22,4 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 67 | 2,91 | 2,91 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 354 | 8,83 | 17,67 | |
| Mg | 330 | 13,58 | 27,15 | |
| Cl | 126 | 3,55 | 3,55 | |
| SO ₄ | 62 | 0,65 | 1,29 | |
| NO ₃ | 12 | 0,15 | 0,15 | |
| HCO ₃ | 181 | 2,97 | 2,97 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 1,07 | 0,65 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 5,71 | 13,68 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,53 | 0,82 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 230 | | | |
| Site | | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,05815 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 198,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 432,0 | | | |
| Balance | -78,9 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 14,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 2,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 5 | 0,22 | 0,22 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 221 | 5,51 | 11,03 | |
| Mg | 206 | 8,48 | 16,95 | |
| Cl | 7 | 0,20 | 0,20 | |
| SO ₄ | 4 | 0,04 | 0,08 | |
| NO ₃ | 7 | 0,09 | 0,09 | |
| HCO ₃ | 180 | 2,95 | 2,95 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 1,07 | 0,65 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 55,25 | 132,34 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,71 | 1,10 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 233 | | | |
| Site | | ΣΧΙΝΟΧΩΠΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,08968 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 318,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 703,0 | | | |
| Balance | -80,2 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 23,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,7 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 10 | 0,43 | 0,43 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 308 | 7,69 | 15,37 | |
| Mg | 385 | 15,84 | 31,68 | |
| Cl | 12 | 0,34 | 0,34 | |
| SO ₄ | 17 | 0,18 | 0,35 | |
| NO ₃ | 63 | 0,81 | 0,81 | |
| HCO ₃ | 226 | 3,70 | 3,70 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,80 | 0,49 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 18,12 | 43,40 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,83 | 1,29 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 236 | | | |
| Site | | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,10190 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 519,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 938,0 | | | |
| Balance | -76,8 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 30,8 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 2,6 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 13 | 0,57 | 0,57 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 446 | 11,13 | 22,26 | |
| Mg | 478 | 19,67 | 39,33 | |
| Cl | 30 | 0,85 | 0,85 | |
| SO ₄ | 58 | 0,60 | 1,21 | |
| NO ₃ | 270 | 3,46 | 3,46 | |
| HCO ₃ | 161 | 2,64 | 2,64 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,93 | 0,57 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 7,69 | 18,42 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,43 | 0,67 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 239 | | | |
| Site | | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,09611 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 298,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 619,0 | | | |
| Balance | -78,9 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 20,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 10 | 0,43 | 0,43 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 280 | 6,99 | 13,97 | |
| Mg | 328 | 13,50 | 26,99 | |
| Cl | 21 | 0,59 | 0,59 | |
| SO ₄ | 12 | 0,13 | 0,25 | |
| NO ₃ | 84 | 1,08 | 1,08 | |
| HCO ₃ | 181 | 2,97 | 2,97 | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,85 | 0,52 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 23,33 | 55,89 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,48 | 0,73 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 24 | | | |
| Site | | KIBEPI | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Na-Cl | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 2,2307 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 239,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 233,0 | | | |
| Balance | -28,8 | | | |
| | | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,6 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| | | | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 97 | 4,22 | 4,22 | |
| K | 3 | 0,077 | 0,077 | |
| Ca | 117 | 2,92 | 5,84 | |
| Mg | 16 | 0,66 | 1,32 | |
| Cl | 190 | 5,36 | 5,36 | |
| SO ₄ | 43 | 0,45 | 0,90 | |
| NO ₃ | 6 | 0,08 | 0,08 | |
| HCO ₃ | | | | |
| | | | | |
| Ratios | | | Comparision to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 7,31 | 4,43 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 2,72 | 6,52 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,51 | 0,79 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| | | | | |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|--------------|---------------|--------|
| Sample ID | 250 | | | |
| Site | | XΩΝΙΚΑΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Mg-Cl-SO4 | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,43784 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 147,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 163,0 | | | |
| Balance | -47,7 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,9 | mg/l CaCO3 | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO3 | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 20 | 0,87 | 0,87 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 117 | 2,92 | 5,84 | |
| Mg | 25 | 1,03 | 2,06 | |
| Cl | 49 | 1,38 | 1,38 | |
| SO4 | 59 | 0,61 | 1,23 | |
| NO3 | 39 | 0,50 | 0,50 | |
| HCO3 | | | | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 4,68 | 2,84 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO4 | 1,98 | 4,75 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,41 | 0,63 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 270 | | | |
| Site | | KΑΛΑΜΑΚΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Na-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 1,2806 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 197,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 143,0 | | | |
| Balance | -14,8 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 2,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 47 | 2,04 | 2,04 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 84 | 2,10 | 4,19 | |
| Mg | 11 | 0,45 | 0,91 | |
| Cl | 170 | 4,80 | 4,80 | |
| SO ₄ | 22 | 0,23 | 0,46 | |
| NO ₃ | 5 | 0,06 | 0,06 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | Comparision to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 7,64 | 4,63 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 3,82 | 9,15 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,28 | 0,43 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 271 | | | |
| Site | | ΣΠΗΛΙΩΤΑΚΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,25579 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 46,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 122,0 | | | |
| Balance | -69,6 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 2,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 10 | 0,43 | 0,43 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 106 | 2,64 | 5,29 | |
| Mg | 6 | 0,25 | 0,49 | |
| Cl | 29 | 0,82 | 0,82 | |
| SO ₄ | 10 | 0,10 | 0,21 | |
| NO ₃ | 7 | 0,09 | 0,09 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 17,67 | 10,71 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 10,60 | 25,39 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,34 | 0,53 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 278 | | | |
| Site | | ΑΡΓΟΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,36255 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 1068,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 2659,0 | | | |
| Balance | -73,5 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 85,3 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,2 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 77 | 3,35 | 3,35 | |
| K | 2 | 0,051 | 0,051 | |
| Ca | 1285 | 32,06 | 64,12 | |
| Mg | 1295 | 53,28 | 106,56 | |
| Cl | 750 | 21,15 | 21,15 | |
| SO ₄ | 84 | 0,88 | 1,75 | |
| NO ₃ | 38 | 0,49 | 0,49 | |
| HCO ₃ | 196 | 3,21 | 3,21 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,99 | 0,60 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 15,30 | 36,64 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,10 | 0,16 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------|---------------|-------|
| Sample ID | 280 | | | |
| Site | | ANYΦΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Mg-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,51391 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 317,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 254,0 | | | |
| Balance | -28,8 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 6,0 | mg/l CaCO3 | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO3 | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 29 | 1,26 | 1,26 | |
| K | 3 | 0,077 | 0,077 | |
| Ca | 192 | 4,79 | 9,58 | |
| Mg | 30 | 1,23 | 2,47 | |
| Cl | 180 | 5,08 | 5,08 | |
| SO4 | 70 | 0,73 | 1,46 | |
| NO3 | 67 | 0,86 | 0,86 | |
| HCO3 | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/ |
| Ca/Mg | 6,40 | 3,88 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO4 | 2,74 | 6,57 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,16 | 0,25 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------|----------------|--------|
| Sample ID | 302 | | | |
| Site | | AKOBA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,66975 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 217,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 234,0 | | | |
| Balance | -36,8 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 5,2 | mg/l CaCO3 | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO3 | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 35 | 1,52 | 1,52 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 184 | 4,59 | 9,18 | |
| Mg | 14 | 0,58 | 1,15 | |
| Cl | 170 | 4,80 | 4,80 | |
| SO4 | 12 | 0,13 | 0,25 | |
| NO3 | 35 | 0,45 | 0,45 | |
| HCO3 | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 13,14 | 7,97 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO4 | 15,33 | 36,73 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,21 | 0,32 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 303 | | | |
| Site | | APIA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,48850 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 554,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 922,0 | | | |
| Balance | -70,1 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 28,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 5,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 60 | 2,61 | 2,61 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 425 | 10,60 | 21,21 | |
| Mg | 436 | 17,94 | 35,88 | |
| Cl | 80 | 2,26 | 2,26 | |
| SO ₄ | 134 | 1,40 | 2,79 | |
| NO ₃ | 32 | 0,41 | 0,41 | |
| HCO ₃ | 308 | 5,05 | 5,05 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,97 | 0,59 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 3,17 | 7,60 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,75 | 1,16 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 32 | | | |
| Site | | ΑΡΓΟΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,49117 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 557,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 971,0 | | | |
| Balance | -68,7 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 29,2 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 4,4 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 61 | 2,65 | 2,65 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 510 | 12,73 | 25,45 | |
| Mg | 400 | 16,46 | 32,92 | |
| Cl | 134 | 3,78 | 3,78 | |
| SO ₄ | 144 | 1,50 | 3,00 | |
| NO ₃ | 10 | 0,13 | 0,13 | |
| HCO ₃ | 269 | 4,41 | 4,41 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 1,28 | 0,77 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 3,54 | 8,48 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,46 | 0,70 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 44 | | | |
| Site | | ΑΡΓΟΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,47767 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 1029,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 1820,0 | | | |
| Balance | -69,9 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 58,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 6,8 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 84 | 3,65 | 3,65 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 795 | 19,84 | 39,67 | |
| Mg | 940 | 38,68 | 77,35 | |
| Cl | 316 | 8,91 | 8,91 | |
| SO ₄ | 230 | 2,40 | 4,79 | |
| NO ₃ | 71 | 0,91 | 0,91 | |
| HCO ₃ | 412 | 6,75 | 6,75 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,85 | 0,51 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 3,46 | 8,28 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,27 | 0,41 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 506 | | | |
| Site | | NEA TIPYNΘA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,35853 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 1044,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 2044,0 | | | |
| Balance | -72,0 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 68,1 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 2,7 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 68 | 2,96 | 2,96 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 815 | 20,34 | 40,67 | |
| Mg | 1160 | 47,73 | 95,45 | |
| Cl | 488 | 13,76 | 13,76 | |
| SO ₄ | 148 | 1,54 | 3,08 | |
| NO ₃ | 242 | 3,10 | 3,10 | |
| HCO ₃ | 166 | 2,72 | 2,72 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,70 | 0,43 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 5,51 | 13,19 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,14 | 0,21 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------|---------------|--------|
| Sample ID | 513 | | | |
| Site | | HPA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,22066 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 362,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 677,0 | | | |
| Balance | -75,1 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 22,4 | mg/l CaCO3 | | |
| Alkalinity | 3,3 | mg/l CaCO3 | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 24 | 1,04 | 1,04 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 277 | 6,91 | 13,82 | |
| Mg | 376 | 15,47 | 30,94 | |
| Cl | 67 | 1,89 | 1,89 | |
| SO4 | 15 | 0,16 | 0,31 | |
| NO3 | 80 | 1,03 | 1,03 | |
| HCO3 | 200 | 3,28 | 3,28 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,74 | 0,45 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO4 | 18,47 | 44,23 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,36 | 0,55 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 518 | | | |
| Site | | ΑΡΓΟΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Na-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 1,4844 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 546,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 371,0 | | | |
| Balance | -11,7 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 7,3 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 92 | 4,00 | 4,00 | |
| K | 2 | 0,051 | 0,051 | |
| Ca | 255 | 6,36 | 12,73 | |
| Mg | 22 | 0,91 | 1,81 | |
| Cl | 470 | 13,26 | 13,26 | |
| SO ₄ | 59 | 0,61 | 1,23 | |
| NO ₃ | 17 | 0,22 | 0,22 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 11,59 | 7,03 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 4,32 | 10,35 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,20 | 0,30 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 53 | | | |
| Site | | HPA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,33956 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 1425,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 3232,0 | | | |
| Balance | -73,1 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 107,7 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 2,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 81 | 3,52 | 3,52 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 1355 | 33,81 | 67,62 | |
| Mg | 1795 | 73,85 | 147,71 | |
| Cl | 935 | 26,37 | 26,37 | |
| SO ₄ | 86 | 0,90 | 1,79 | |
| NO ₃ | 226 | 2,90 | 2,90 | |
| HCO ₃ | 178 | 2,92 | 2,92 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,75 | 0,46 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 15,76 | 37,74 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,09 | 0,13 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 6 | | | |
| Site | | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,12011 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 316,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 583,0 | | | |
| Balance | -76,3 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 18,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,3 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 12 | 0,52 | 0,52 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 282 | 7,04 | 14,07 | |
| Mg | 288 | 11,85 | 23,70 | |
| Cl | 21 | 0,59 | 0,59 | |
| SO ₄ | 9 | 0,09 | 0,19 | |
| NO ₃ | 86 | 1,10 | 1,10 | |
| HCO ₃ | 200 | 3,28 | 3,28 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,98 | 0,59 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 31,33 | 75,05 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,57 | 0,88 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 604 | | | |
| Site | | ΑΡΓΟΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Na-Cl | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 2,5332 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 297,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 257,0 | | | |
| Balance | -23,9 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,8 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 114 | 4,96 | 4,96 | |
| K | 5 | 0,128 | 0,128 | |
| Ca | 114 | 2,84 | 5,69 | |
| Mg | 24 | 0,99 | 1,97 | |
| Cl | 230 | 6,49 | 6,49 | |
| SO ₄ | 61 | 0,64 | 1,27 | |
| NO ₃ | 6 | 0,08 | 0,08 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 4,75 | 2,88 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 1,87 | 4,48 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,50 | 0,76 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------|----------------|--------|
| Sample ID | 62 | | | |
| Site | | HPA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Mg-Cl | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,77622 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 435,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 302,0 | | | |
| Balance | -16,3 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 6,9 | mg/l CaCO3 | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO3 | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 47 | 2,04 | 2,04 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 217 | 5,41 | 10,83 | |
| Mg | 37 | 1,52 | 3,04 | |
| Cl | 370 | 10,44 | 10,44 | |
| SO4 | 26 | 0,27 | 0,54 | |
| NO3 | 39 | 0,50 | 0,50 | |
| HCO3 | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 5,86 | 3,56 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO4 | 8,35 | 19,99 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,13 | 0,20 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 69 | | | |
| Site | | INAXΟΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,47858 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 160,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 192,0 | | | |
| Balance | -48,2 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 4,4 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 23 | 1,00 | 1,00 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 157 | 3,92 | 7,83 | |
| Mg | 11 | 0,45 | 0,91 | |
| Cl | 75 | 2,12 | 2,12 | |
| SO ₄ | 26 | 0,27 | 0,54 | |
| NO ₃ | 59 | 0,76 | 0,76 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 14,27 | 8,66 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 6,04 | 14,46 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,31 | 0,47 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 7 | | | |
| Site | | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,28769 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 140,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 163,0 | | | |
| Balance | -45,8 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 13 | 0,57 | 0,57 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 140 | 3,49 | 6,99 | |
| Mg | 9 | 0,37 | 0,74 | |
| Cl | 74 | 2,09 | 2,09 | |
| SO ₄ | 20 | 0,21 | 0,42 | |
| NO ₃ | 46 | 0,59 | 0,59 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | Comparision to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 15,56 | 9,43 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 7,00 | 16,77 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,18 | 0,27 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | | |
|------------------------|---------|--------|--|------------------------|--------|
| Sample ID | 72 | | | | |
| Site | | | | ΧΩΝΙΚΑΣ | |
| Location | | | | | |
| Geology | | | | | |
| Watertype | | | | Mg-Ca- | |
| Temperature (°C) | 6,0 | | | | |
| pH | 7,0 | | | | |
| SAR | 0,13981 | | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 625,0 | | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 1286,0 | | | | |
| Balance | -74,6 | | | | |
| Total dissolved solids | | | | | |
| Total hardness | 42,7 | | | mg/l CaCO ₃ | |
| Alkalinity | 4,4 | | | mg/l CaCO ₃ | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | | meq/l | |
| Na | 21 | 0,91 | | 0,91 | |
| K | 2 | 0,051 | | 0,051 | |
| Ca | 573 | 14,30 | | 28,59 | |
| Mg | 690 | 28,39 | | 56,78 | |
| Cl | 231 | 6,52 | | 6,52 | |
| SO ₄ | 6 | 0,06 | | 0,13 | |
| NO ₃ | 117 | 1,50 | | 1,50 | |
| HCO ₃ | 271 | 4,44 | | 4,44 | |
| Ratios | | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,83 | 0,50 | | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 95,50 | 228,75 | | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,09 | 0,14 | | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------|---------------|--------|
| Sample ID | 77 | | | |
| Site | | HPA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,65695 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 464,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 952,0 | | | |
| Balance | -73,2 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 29,5 | mg/l CaCO3 | | |
| Alkalinity | 2,9 | mg/l CaCO3 | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 82 | 3,57 | 3,57 | |
| K | 4 | 0,102 | 0,102 | |
| Ca | 380 | 9,48 | 18,96 | |
| Mg | 486 | 20,00 | 39,99 | |
| Cl | 185 | 5,22 | 5,22 | |
| SO4 | 34 | 0,35 | 0,71 | |
| NO3 | 65 | 0,83 | 0,83 | |
| HCO3 | 180 | 2,95 | 2,95 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,78 | 0,47 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO4 | 11,18 | 26,77 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,44 | 0,68 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 78 | | | |
| Site | | HPA | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Mg-Cl | | |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 6,0 | | | |
| SAR | 0,99859 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 746,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 475,0 | | | |
| Balance | -13,9 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 11,2 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 77 | 3,35 | 3,35 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 314 | 7,83 | 15,67 | |
| Mg | 83 | 3,41 | 6,83 | |
| Cl | 620 | 17,49 | 17,49 | |
| SO ₄ | 59 | 0,61 | 1,23 | |
| NO ₃ | 67 | 0,86 | 0,86 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 3,78 | 2,29 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 5,32 | 12,75 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,12 | 0,19 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|----------------|--------|
| Sample ID | 8 | | | |
| Site | | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,18572 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 265,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 494,0 | | | |
| Balance | -76,8 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 15,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 2,6 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 17 | 0,74 | 0,74 | |
| K | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| Ca | 233 | 5,81 | 11,63 | |
| Mg | 244 | 10,04 | 20,08 | |
| Cl | 19 | 0,54 | 0,54 | |
| SO ₄ | 1 | 0,01 | 0,02 | |
| NO ₃ | 89 | 1,14 | 1,14 | |
| HCO ₃ | 156 | 2,56 | 2,56 | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparision to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,95 | 0,58 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 233,00 | 558,11 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,89 | 1,38 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 85 | | | |
| Site | | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Ca-Na-Mg-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 1,3436 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 231,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 196,0 | | | |
| Balance | -30,8 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 3,8 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 0,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 60 | 2,61 | 2,61 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 110 | 2,74 | 5,49 | |
| Mg | 25 | 1,03 | 2,06 | |
| Cl | 135 | 3,81 | 3,81 | |
| SO ₄ | 44 | 0,46 | 0,92 | |
| NO ₃ | 52 | 0,67 | 0,67 | |
| HCO ₃ | | | | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 4,40 | 2,67 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 2,50 | 5,99 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,44 | 0,69 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 88 | | | |
| Site | | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 1,2232 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 2989,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 5527,0 | | | |
| Balance | -67,1 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 176,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 7,0 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 374 | 16,27 | 16,27 | |
| K | 8 | 0,205 | 0,205 | |
| Ca | 2150 | 53,65 | 107,29 | |
| Mg | 2995 | 123,23 | 246,45 | |
| Cl | 1930 | 54,44 | 54,44 | |
| SO ₄ | 410 | 4,27 | 8,54 | |
| NO ₃ | 224 | 2,87 | 2,87 | |
| HCO ₃ | 425 | 6,97 | 6,97 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,72 | 0,44 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 5,24 | 12,56 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,19 | 0,30 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 9 | | | |
| Site | | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,06016 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 243,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 577,0 | | | |
| Balance | -80,6 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 18,8 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,4 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | | | | |
| | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 6 | 0,26 | 0,26 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 286 | 7,14 | 14,27 | |
| Mg | 284 | 11,68 | 23,37 | |
| Cl | 6 | 0,17 | 0,17 | |
| SO ₄ | 15 | 0,16 | 0,31 | |
| NO ₃ | 13 | 0,17 | 0,17 | |
| HCO ₃ | 209 | 3,43 | 3,43 | |
| Ratios | | | | |
| | mg/l | mmol/l | Comparison to | |
| | | | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 1,01 | 0,61 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 19,07 | 45,67 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 1,00 | 1,54 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 97 | | | |
| Site | | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca- | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,75034 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 555,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 965,0 | | | |
| Balance | -67,6 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 29,1 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 4,4 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 93 | 4,05 | 4,05 | |
| K | 16 | 0,409 | 0,409 | |
| Ca | 380 | 9,48 | 18,96 | |
| Mg | 476 | 19,58 | 39,17 | |
| Cl | 241 | 6,80 | 6,80 | |
| SO ₄ | 41 | 0,43 | 0,85 | |
| NO ₃ | 3 | 0,04 | 0,04 | |
| HCO ₃ | 270 | 4,42 | 4,42 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,80 | 0,48 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 9,27 | 22,20 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,39 | 0,60 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | 98 | | | |
| Site | | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,86007 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 1411,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 2694,0 | | | |
| Balance | -68,3 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 85,7 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 4,6 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 183 | 7,96 | 7,96 | |
| K | 6 | 0,153 | 0,153 | |
| Ca | 1075 | 26,82 | 53,65 | |
| Mg | 1430 | 58,84 | 117,67 | |
| Cl | 875 | 24,68 | 24,68 | |
| SO ₄ | 160 | 1,67 | 3,33 | |
| NO ₃ | 98 | 1,26 | 1,26 | |
| HCO ₃ | 278 | 4,56 | 4,56 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,75 | 0,46 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 6,72 | 16,09 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,21 | 0,32 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|----------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | ANABALOS | | | |
| Site | | ΠΗΓΗ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 1,1256 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 530,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 694,0 | | | |
| Balance | -58,7 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 19,7 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 115 | 5,00 | 5,00 | |
| K | 3 | 0,077 | 0,077 | |
| Ca | 244 | 6,09 | 12,18 | |
| Mg | 332 | 13,66 | 27,32 | |
| Cl | 214 | 6,04 | 6,04 | |
| SO ₄ | 94 | 0,98 | 1,96 | |
| NO ₃ | 8 | 0,10 | 0,10 | |
| HCO ₃ | 214 | 3,51 | 3,51 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,73 | 0,45 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 2,60 | 6,22 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,54 | 0,83 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|--------|------------------------|--------|
| Sample ID | LERNI 1 | | | |
| Site | | | ΠΗΓΗ | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | | Mg-Ca- | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,12413 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 340,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 639,0 | | | |
| Balance | -75,7 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 20,8 | | mg/l CaCO ₃ | |
| Alkalinity | 4,4 | | mg/l CaCO ₃ | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 13 | 0,57 | 0,57 | |
| K | 2 | 0,051 | 0,051 | |
| Ca | 304 | 7,59 | 15,17 | |
| Mg | 30 | 13,17 | 26,33 | |
| Cl | 8 | 0,23 | 0,23 | |
| SO ₄ | 50 | 0,52 | 1,04 | |
| NO ₃ | 16 | 0,21 | 0,21 | |
| HCO ₃ | 266 | 4,36 | 4,36 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,95 | 0,58 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 6,08 | 14,56 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 1,63 | 2,51 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|--------|------------------------|--------|
| Sample ID | LERNI 2 | | | |
| Site | | | | ΠΗΓΗ |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | | | Mg-Ca- |
| Temperature (°C) | 15,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,30138 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 377,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 716,0 | | | |
| Balance | -73,9 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 22,7 | | mg/l CaCO ₃ | |
| Alkalinity | 4,3 | | mg/l CaCO ₃ | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 33 | 1,44 | 1,44 | |
| K | 1 | 0,026 | 0,026 | |
| Ca | 332 | 8,28 | 16,57 | |
| Mg | 35 | 14,40 | 28,80 | |
| Cl | 57 | 1,61 | 1,61 | |
| SO ₄ | 48 | 0,50 | 1,00 | |
| NO ₃ | 12 | 0,15 | 0,15 | |
| HCO ₃ | 260 | 4,26 | 4,26 | |
| Ratios | | | Comparision to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,95 | 0,58 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 6,92 | 16,57 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,58 | 0,89 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

Sample Summary

| | | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|--------|
| Sample ID | E8 | | | |
| Site | | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | | |
| Location | | | | |
| Geology | | | | |
| Watertype | | Mg-Ca-Cl | | |
| Temperature (°C) | 16,0 | | | |
| pH | 7,0 | | | |
| SAR | 0,39425 | | | |
| Sum of Anions (meq/l) | 503,0 | | | |
| Sum of Cations (meq/l) | 669,0 | | | |
| Balance | -60,8 | | | |
| Total dissolved solids | | | | |
| Total hardness | 21,5 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Alkalinity | 3,9 | mg/l CaCO ₃ | | |
| Major ion composition | mg/l | mmol/l | meq/l | |
| Na | 42 | 1,83 | 1,83 | |
| K | 2 | 0,051 | 0,051 | |
| Ca | 262 | 6,54 | 13,07 | |
| Mg | 363 | 14,94 | 29,87 | |
| Cl | 214 | 6,04 | 6,04 | |
| SO ₄ | 40 | 0,42 | 0,83 | |
| NO ₃ | 8 | 0,10 | 0,10 | |
| HCO ₃ | 241 | 3,95 | 3,95 | |
| Ratios | | | Comparison to | |
| | mg/l | mmol/l | mg/l | mmol/l |
| Ca/Mg | 0,72 | 0,44 | 0.319 | 0.194 |
| Ca/SO ₄ | 6,55 | 15,69 | 0.152 | 0.364 |
| Na/Cl | 0,20 | 0,30 | 0.556 | 0.858 |
| Cl/Br | | | 287 | 648 |
| SI Calcite | | | | |

Επεξεργασία με το λογισμικό Aquachem 5.0

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 20 / 10 / 2014

| Γεώτρ. | Στάθμη | Γεώτρ. | Στάθμη | Γεώτρ. | Στάθμη | Γεώτρ. | Στάθμη |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2 | 67,70 | 60 | A.M | 104 | 16,80 | 192 | 39,50 |
| 3 | 74,60 | 61 | -- | 106 | -- | 201 | 73,50 |
| 4 | 60,70 | 62 | ΔΟΥΛ. | 107 | 2,60 | 212 | 39,00 |
| 6 | 81,20 | 64 | 49,00 | 111 | ΣΤΕΓΝΟ | 213 | 31,00 |
| 7 | 67,30 | 67 | 42,80 | 112 | -- | 214 | ΔΟΥΛ. |
| 8 | 75,50 | 69 | 47,10 | 114 | 28,80 | 216 | 10,30 |
| 9 | ΔΟΥΛ. | 72 | 54,40 | 117 | 25,00 | 217 | A.M |
| 13 | ΔΟΥΛ. | 74 | 43,70 | 118 | 28,30 | 218 | 66,30 |
| 15 | 8,80 | 75 | 46,10 | 120 | ΔΟΥΛ. | 219 | 33,50 |
| 16 | 5,00 | 76 | 26,00 | 125 | 46,30 | 221 | 14,80 |
| 18 | -- | 77 | ΔΟΥΛ. | 135 | 71,10 | 222 | 15,10 |
| 19 | 11,20 | 78 | 27,00 | 136 | 55,30 | 223 | 21,10 |
| 22 | -- | 80 | -- | 142 | 65,10 | 224 | 6,00 |
| 23 | 8,80 | 84 | 21,80 | 144 | 64,30 | 226 | 3,20 |
| 24 | 13,00 | 85 | 23,00 | 145 | 71,50 | 228 | 7,00 |
| 32 | 1,90 | 87 | 15,30 | 147 | 55,90 | 229 | 46,30 |
| 36 | ΣΤΕΓΝΟ | 88 | 10,50 | 154 | ΚΛΕΙΔ. | 230 | 76,20 |
| 38 | 2,60 | 90Π | 13,40 | 169 | 57,50 | 231 | 78,80 |
| 39 | -- | 90Γ | 29,20 | 170 | 2,20 | 232 | 58,30 |
| 43 | -- | 91 | ΚΛΕΙΔ. | 174 | 8,70 | 233 | 66,40 |
| 44 | 6,80 | 93 | 10,90 | 175 | 11,30 | 235 | 59,00 |
| 48 | 6,80 | 94 | 16,00 | 177 | 62,00 | 236 | 51,00 |
| 52 | 20,90 | 95 | 21,90 | 178 | 73,70 | 237 | 67,20 |
| 53 | 20,90 | 96Γ | 5,20 | 182 | 43,50 | 239 | 73,10 |
| 54 | 27,40 | 96Π | A.M | 183 | ΓΚΡΕΜ. | 240 | 82,10 |
| 56 | 19,40 | 97 | 3,80 | 187 | ΔΟΥΛ. | 241 | 64,30 |
| 58 | 16,30 | 98 | 8,20 | 188 | 59,90 | 244 | 50,30 |
| | | 101 | 11,40 | 190 | 13,70 | 246 | 54,80 |
| 247 | 46,80 | 288 | 20,50 | E1 | 7,00 | A32 | 16,80 |
| 249 | 58,90 | 289 | 5,70 | E2 | 7,20 | A33 | 9,80 |
| 250 | ΜΟΝΟ ΔΕΙΓΜΑ | 502 | 14,80 | E3 | ΒΟΥΛΩ ΜΕΝΗ | A34 | 9,10 |
| 252 | 41,10 | 504 | -- | E4 | 4,80 | A35 | 9,40 |
| 253 | 58,70 | 505 | 27,40 | E5 | 3,00 | A36 | 19,40 |
| 254 | 24,80 | 506 | ΔΟΥΛ. | E8 | 3,70 | A37 | 11,30 |
| 256 | 21,90 | 507 | 17,30 | E9 | 3,80 | A38 | 8,80 |
| 257 | 19,60 | 508 | 17,20 | A1 | 13,00 | ΠΦ | 11,30 |
| 258 | -- | 509 | 33,90 | A2 | 7,30 | 295 | 30,80 |
| 259 | 36,60 | 511 | ΔΟΥΛ. | A5 | 14,20 | 296 | 21,70 |
| 260 | 51,00 | 512 | 32,30 | A6 | 23,00 | 301 | 8,70 |
| 261 | 48,50 | 513 | 44,20 | A7 | 17,80 | 302 | 34,00 |
| 264 | 9,20 | 514 | 46,60 | A10 | 14,00 | 225 | 5,30 |
| 266 | 4,00 | 515 | 26,00 | A11 | -- | N.T (βουνό) | 15,50 |
| 268 | 26,50 | 516 | 22,80 | A12 | 6,90 | ΦΑΚΙΟΛΑ | 10,30 |
| 270 | 45,80 | 517 | 23,00 | A13 | 8,30 | ΒΕΝΖ/ΚΟ | 6,40 |
| 271 | 55,20 | 518 | 24,60 | A14 | 17,00 | ΑΝΑΒΑΛ ΟΣ | ΜΟΝΟ ΔΕΙΓΜΑ |
| 272 | 36,00 | 519 | 11,80 | A15 | 16,40 | ΛΕΡΝΗ 1 | ΜΟΝΟ ΔΕΙΓΜΑ |
| 273 | 15,00 | 521 | 3,30 | A16 | ΚΛΕΙΔ. | ΛΕΡΝΗ 2 | ΜΟΝΟ ΔΕΙΓΜΑ |

| | | | | | |
|------------|-------|---------------------|---------------|------------|---------------|
| 274 | 5,20 | 524 | ΜΠΑΖΩΜ ΕΝΟ | A18 | 5,40 |
| 276 | -- | 601 | -- | A22 | 10,10 |
| 277 | 14,60 | 602 | 3,80 | A24 | 2,70 |
| 278 | 19,50 | 604 | 7,50 | A25 | 3,30 |
| 280 | 39,20 | B(Π8) | 2,20 | A26 | 8,10 |
| 282 | -- | (N1) 290 | -- | A27 | 7,00 |
| 283 | 60,00 | (N2) 291 | 2,60 | A28 | 8,10 |
| 285 | 36,30 | (N3) 292 | 1,50 | A29 | ΚΛΕΙΔ. |
| 286 | 32,70 | (N4) 293 | 1,80 | A30 | 7,20 |
| | | N.Σ 525 | -- | A31 | ΥΠΟΒΡΥ ΧΙΟ |

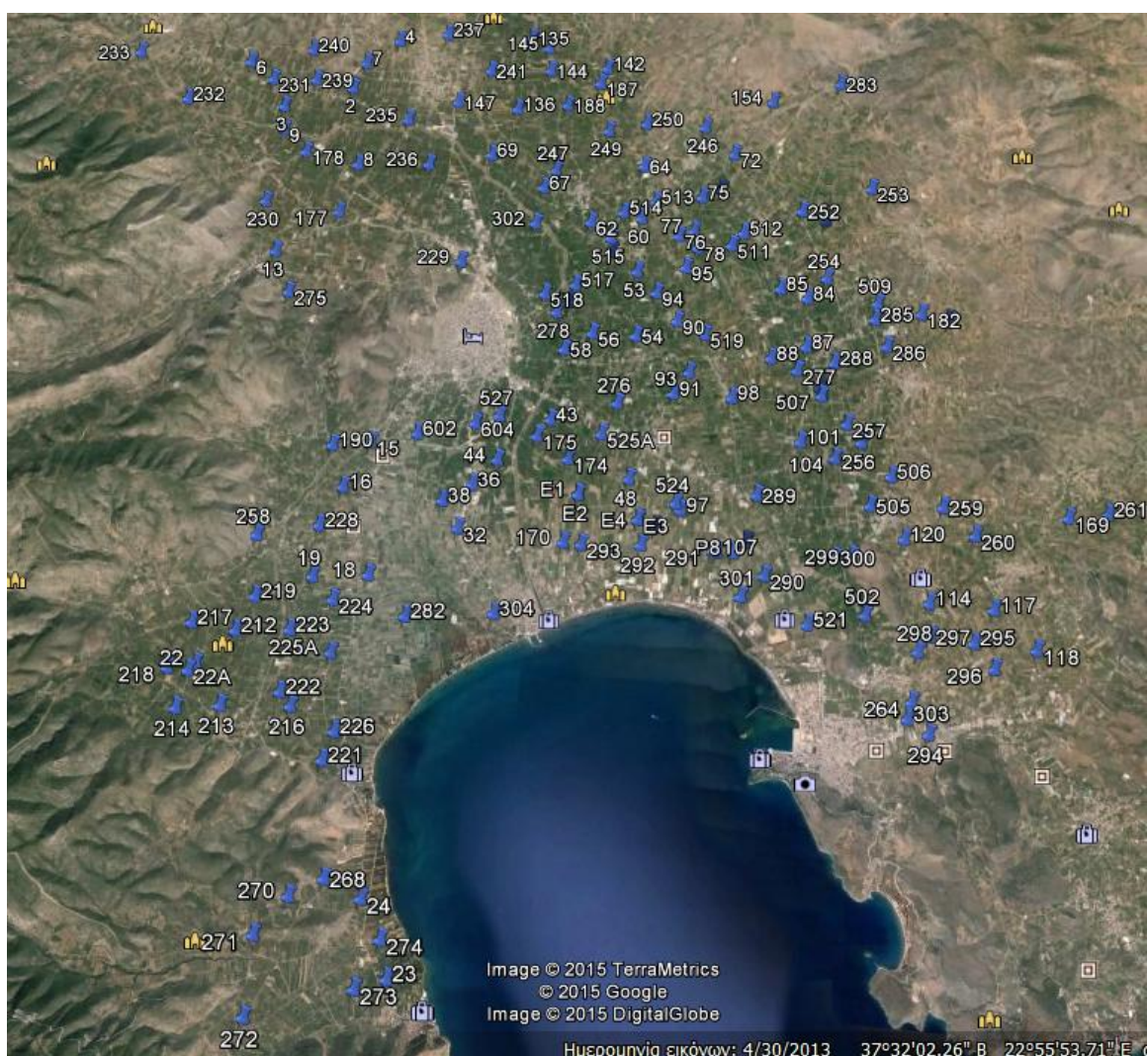
Έντυπο καταγραφής στάθμων

| A/A | X | Y | Z | A/A | X | Y | Z |
|------------|-------------|--------------|--------|------------|-------------|--------------|--------|
| 2 | 384787,4088 | 4170830,6778 | 58,02 | 240 | 383909,3985 | 4171661,6197 | 72,85 |
| 3 | 383443,8440 | 4170345,7133 | 68,06 | 241 | 387572,9683 | 4171378,3912 | 45,68 |
| 4 | 385648,3128 | 4171971,2471 | 51,16 | 244 | 388401,5479 | 4175474,1328 | 92,16 |
| 6 | 382669,2734 | 4171326,2313 | 77,29 | 246 | 391967,0146 | 4170301,9553 | 35,58 |
| 7 | 385010,0716 | 4171408,4191 | 57,37 | 247 | 388917,3213 | 4169424,8634 | 30,02 |
| 8 | 385075,6993 | 4169114,7800 | 66,48 | 249 | 390028,3183 | 4170130,2490 | 30,52 |
| 9 | 383518,7378 | 4169812,7544 | 66,34 | 250 | 390780,1936 | 4170327,3894 | 30,79 |
| 13 | 383655,4707 | 4167144,7770 | 100,36 | 252 | 393927,8573 | 4168547,2328 | 32,50 |
| 15 | 385871,1463 | 4163361,1889 | 9,66 | 253 | 395294,5933 | 4169097,6116 | 50,66 |
| 16 | 385439,9758 | 4162464,5972 | 7,72 | 254 | 394099,8562 | 4167041,0750 | 22,72 |
| 18 | 386070,0334 | 4160818,0537 | 3,95 | 256 | 395093,0738 | 4163812,6168 | 22,25 |
| 19 | 385053,4621 | 4160739,2416 | 13,07 | 257 | 394826,3701 | 4164150,3680 | 19,89 |
| 22A | 383006,0000 | 4158907,0000 | 60,05 | 258 | 383917,0344 | 4161498,2825 | 47,59 |
| 23 | 387051,2278 | 4153873,1745 | 10,29 | 259 | 396599,2577 | 4162607,6372 | 45,44 |
| 24 | 386491,5621 | 4155152,6633 | 15,28 | 260 | 397182,4790 | 4162097,4361 | 59,07 |
| 32 | 387637,0078 | 4161780,7191 | 2,62 | 261 | 399433,5021 | 4162573,4396 | 109,82 |
| 36 | 387839,7618 | 4162625,8272 | 4,48 | 264 | 395984,8064 | 4158990,2374 | 10,23 |
| 38 | 387307,6597 | 4162298,2770 | 2,84 | 266 | 402754,4895 | 4155304,3212 | 6,02 |
| 43 | 389223,4381 | 4163975,2032 | 9,30 | 268 | 385816,4645 | 4155449,5522 | 29,13 |
| 44 | 388280,5929 | 4163134,2778 | 7,53 | 270 | 385240,8075 | 4155129,0342 | 48,36 |
| 48 | 390752,7278 | 4162884,5899 | 4,29 | 271 | 384717,4122 | 4154469,4372 | 58,61 |
| 52 | 389447,1760 | 4166385,6936 | 18,54 | 272 | 384714,9051 | 4153144,0807 | 38,25 |
| 53 | 390730,2262 | 4167095,8986 | 17,14 | 273 | 386334,4257 | 4153649,0007 | 16,52 |
| 54 | 390762,5030 | 4165751,4124 | 12,53 | 274 | 386890,7834 | 4154497,6911 | 7,40 |
| 56 | 389921,9960 | 4165763,2023 | 14,81 | 275 | 384001,3608 | 4166268,6636 | 101,18 |
| 58 | 389397,8289 | 4165406,6025 | 15,51 | 276 | 390469,1445 | 4164364,0986 | 10,19 |
| 60 | 390768,0334 | 4168240,7474 | 19,76 | 277 | 393866,4514 | 4165192,3807 | 12,83 |
| 62 | 389766,4761 | 4168103,9472 | 22,70 | 278 | 389213,4027 | 4166164,4017 | 17,71 |
| 64 | 390772,1323 | 4169380,6363 | 24,04 | 280 | 394419,0000 | 4168325,0000 | 31,00 |
| 67 | 388799,9595 | 4168807,5927 | 29,41 | 282 | 386575,0000 | 4160330,0000 | 2,30 |
| 69 | 387729,2095 | 4169477,6127 | 37,16 | 283 | 394647,0000 | 4171391,0000 | 100,00 |
| 72 | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 285 | 395335,0000 | 4166308,0000 | 40,00 |

| | | | | | | | |
|------------|-------------|--------------|--------|--------------|-------------|--------------|-------|
| 74 | 392317,2112 | 4168947,8734 | 26,11 | 286 | 395561,0000 | 4165758,0000 | 39,00 |
| 75 | 391948,3075 | 4168753,3195 | 23,03 | 288 | 394553,0000 | 4165373,0000 | 21,00 |
| 76 | 391514,5161 | 4167894,7340 | 17,27 | 289 | 393124,0000 | 4162685,0000 | 6,00 |
| 77 | 391803,7980 | 4168017,5427 | 18,11 | 290 | 393294,0000 | 4161164,0000 | 2,30 |
| 78 | 391894,7722 | 4167659,0240 | 17,39 | 291 | 392342,0000 | 4161582,0000 | 3,30 |
| 84 | 394052,3171 | 4166691,3282 | 19,51 | 292 | 391012,0000 | 4161627,0000 | 2,80 |
| 85 | 393527,2013 | 4166869,0971 | 18,19 | 293 | 389914,0000 | 4161586,0000 | 3,00 |
| 87 | 394036,6774 | 4165681,9332 | 14,90 | 294 | 396258,0000 | 4158426,0000 | 11,00 |
| 88 | 393362,5190 | 4165417,7149 | 10,24 | 295 | 397103,0000 | 4160103,0000 | 30,00 |
| 90П | 391539,8738 | 4166095,3880 | 12,49 | 296 | 397455,0000 | 4159649,0000 | 24,00 |
| 90Г | 391539,8800 | 4166095,3890 | 12,40 | 297 | 396304,0000 | 4160182,0000 | 24,00 |
| 91 | 391522,7832 | 4164602,6084 | 8,89 | 298 | 396091,0000 | 4159891,0000 | 18,00 |
| 93 | 391805,0575 | 4165055,7599 | 9,30 | 299 | 394889,0000 | 4161601,0000 | 22,00 |
| 94 | 391122,8184 | 4166663,6407 | 14,17 | 300 | 394578,0000 | 4161568,0000 | 13,00 |
| 95 | 391670,4972 | 4167226,6348 | 14,81 | 301 | 392872,0000 | 4160753,0000 | 1,00 |
| 96Г | 391571,5192 | 4162571,4744 | 4,49 | 302 | 388665,0000 | 4168024,0000 | 30,00 |
| 97 | 391739,024 | 4162328,694 | 4,46 | 502 | 395150,2467 | 4160515,0312 | 15,65 |
| 98 | 392636,3018 | 4164581,4131 | 8,44 | 505 | 395247,6707 | 4162582,7572 | 27,47 |
| 101 | 393944,1031 | 4163764,4062 | 11,98 | 506 | 395644,1108 | 4163162,2743 | 31,42 |
| 104 | 394595,2769 | 4163477,1336 | 17,48 | 507 | 394339,9809 | 4164692,5973 | 17,31 |
| 107 | 392426,3440 | 4161564,1975 | 3,25 | 508 | 394288,6933 | 4164833,4866 | 17,07 |
| 114 | 396314,0742 | 4160791,4261 | 29,81 | 509 | 395174,1324 | 4166446,6979 | 36,00 |
| 117 | 397491,4419 | 4160725,3556 | 41,14 | 511 | 392554,0464 | 4167740,7320 | 18,51 |
| 118 | 398243,0108 | 4160021,7674 | 34,29 | 512 | 392787,2251 | 4168020,9849 | 21,49 |
| 120 | 395870,9732 | 4161963,2883 | 31,19 | 513 | 391032,3176 | 4168613,0435 | 19,42 |
| 125 | 396766,2527 | 4166361,1988 | 65,87 | 514 | 390411,6746 | 4168348,1941 | 21,92 |
| 135 | 388351,7175 | 4172184,9285 | 52,93 | 515 | 390193,7699 | 4167783,9704 | 20,86 |
| 136 | 388164,6780 | 4170527,0395 | 39,11 | 516 | 390198,872 | 4167496,141 | 19,59 |
| 142 | 389931,5641 | 4171550,8734 | 42,35 | 517 | 389559,1764 | 4166752,3117 | 19,66 |
| 144 | 388783,2121 | 4171441,4901 | 43,58 | 518 | 388955,8171 | 4166533,5761 | 21,97 |
| 145 | 388724,4986 | 4171955,7839 | 50,25 | 519 | 392080,9231 | 4165846,5038 | 11,54 |
| 147 | 386954,4405 | 4170624,5672 | 43,74 | 521 | 394102,8690 | 4160294,6791 | 4,28 |
| 154 | 393295,6599 | 4170918,8395 | 66,81 | 524 | 391642,3182 | 4162460,2603 | 4,65 |
| 169 | 398895,0420 | 4162500,0641 | 98,26 | 525A | 390177,0000 | 4163735,0000 | 8,00 |
| 170 | 389599,3663 | 4161608,8058 | 2,63 | 527 | 388242,0582 | 4164020,9426 | 9,05 |
| 174 | 389595,5934 | 4163216,9884 | 6,84 | 602 | 386733,2646 | 4163575,9892 | 3,94 |
| 175 | 388990,7347 | 4163637,5060 | 8,68 | 604 | 387907,4792 | 4163916,1045 | 7,59 |
| 177 | 384802,8187 | 4168056,6134 | 79,44 | B(P8) | 392733,942 | 4161567,710 | 2,63 |
| 178 | 384014,4307 | 4169337,8333 | 68,31 | E1 | 389823,094 | 4162572,686 | 5,46 |
| 182 | 396240,0690 | 4166454,2545 | 57,25 | E2 | 389827,093 | 4162545,405 | 5,52 |
| 187 | 389807,5463 | 4171194,9598 | 40,64 | E3 | 390953,558 | 4162112,240 | 3,43 |
| 188 | 389280,0000 | 4170035,0000 | 40,00 | E4 | 390972,117 | 4162114,492 | 3,39 |
| 190 | 385165,2973 | 4163264,5469 | 24,48 | E5 | 391281,011 | 4161997,470 | 3,24 |
| 192 | 388722,1442 | 4177530,0550 | 123,86 | E8 | 392961,424 | 4161776,114 | 4,22 |
| 201 | 388499,9322 | 4173375,9080 | 65,23 | E9 | 392969,940 | 4161776,304 | 4,26 |
| 212 | 383778,8328 | 4159670,2903 | 45,68 | A1 | 398829,2863 | 4156773,2730 | 37,78 |
| 213 | 383653,8728 | 4158320,6778 | 37,50 | A2 | 399083,230 | 4156625,502 | 31,29 |
| 214 | 382888,8372 | 4158228,0694 | 95,85 | A5 | 400425,597 | 4156127,005 | 21,40 |
| 216 | 384957,6626 | 4158369,3849 | 13,91 | A6 | 401176,354 | 4155825,738 | 25,32 |
| 217 | 382977,8457 | 4159778,5417 | 68,10 | A7 | 401595,226 | 4155551,888 | 19,14 |
| 218 | 382644,9399 | 4158922,4676 | 73,24 | A10 | 400853,0396 | 4155168,6845 | 15,84 |
| 219 | 384059,6479 | 4160317,7671 | 38,10 | A12 | 400015,9250 | 4155226,5046 | 12,49 |
| 221 | 385580,3906 | 4157452,8600 | 17,95 | A13 | 400086,0978 | 4155772,7968 | 16,10 |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|--------------|--------|-------------|-------------|--------------|-------|
| 222 | 384701,1405 | 4158615,6284 | 18,69 | A14 | 400605,0783 | 4155810,6175 | 20,22 |
| 223 | 384729,7185 | 4159765,2143 | 23,31 | A15 | 400689,9435 | 4155427,0029 | 18,44 |
| 224 | 385456,4906 | 4160333,5687 | 7,77 | A16 | 400621,1412 | 4154907,4142 | 11,67 |
| 225A | 385514,0000 | 4159359,0000 | 7,30 | A18 | 400213,0000 | 4154666,0000 | 7,15 |
| 226 | 385740,6933 | 4157964,1002 | 6,07 | A20 | 400321,9558 | 4155152,9703 | 13,16 |
| 228 | 385075,6336 | 4161711,1739 | 9,01 | A20A | 400358 | 4155038 | 11,00 |
| 229 | 387280,4043 | 4167117,9842 | 43,45 | A22 | 400688,8126 | 4154852,6013 | 12,11 |
| 230 | 383340,7753 | 4168209,7661 | 89,32 | A24 | 400918,9482 | 4154261,9950 | 4,70 |
| 231 | 383174,6016 | 4170952,6860 | 71,69 | A25 | 400668,8774 | 4154376,3417 | 4,88 |
| 232 | 381494,0178 | 4170390,9087 | 82,75 | A26 | 401334,8815 | 4154589,1631 | 9,23 |
| 233 | 380396,4136 | 4171421,5598 | 103,32 | | | | |
| 235 | 385995,9197 | 4170166,8052 | 48,76 | | | | |
| 236 | 386489,5862 | 4169199,5693 | 48,61 | | | | |
| 237 | 386634,402 | 4172180,449 | 49,48 | | | | |
| 239 | 384121,8619 | 4170963,7934 | 63,70 | | | | |

Πίνακας συντεταγμένων γεωτρήσεων



Δίκτυο παρακολούθησης του Αργολικού πεδίου

| SampleID | StationID | X (m) | Y (m) | pH | T (OC) | E.C. (μS/cm) | Na+ | K+ | Ca++ | Mg++ | Cl- | HCO3- | NO3- | SO4- |
|----------|-----------------|-------------|-------------|------|--------|--------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| E8 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392961,424 | 4161776,114 | 7,84 | 16,2 | 1170 | 42,2 | 2,2 | 262 | 363 | 214 | 241 | 8,0 | 40,0 |
| 77 | ΗΡΑ | 391803,798 | 4168017,543 | 7,56 | 16,2 | 1219 | 82 | 4,2 | 380 | 486 | 185 | 180 | 65,2 | 34,0 |
| 88 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 393362,519 | 4165417,715 | 7,83 | 16,5 | 6250 | 374 | 8 | 2150 | 2995 | 1930 | 425 | 224,4 | 410,0 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 388990,7347 | 4163637,506 | 9,94 | 16,4 | 2240 | 266,5 | 5 | 205 | 280 | 614 | 396 | 6,3 | 69,0 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,6811 | 4169729,979 | 7,56 | 6,5 | 1620 | 21,4 | 2,4 | 573 | 690 | 231 | 271 | 117,4 | 6,0 |
| 98 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392636,3018 | 4164581,413 | 7,34 | 16,2 | 4130 | 183,6 | 6 | 1075 | 1430 | 875 | 278 | 98,7 | 160,0 |
| 513 | ΗΡΑ | 391032,3176 | 4168613,044 | 7,45 | 16,5 | 839 | 24,4 | 0,9 | 277 | 376 | 67 | 200 | 80,3 | 15,0 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,6993 | 4169114,78 | 7,85 | 16,6 | 623 | 17,8 | 0,8 | 233 | 244 | 19 | 156 | 89,8 | 1,0 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391739,0241 | 4162328,694 | 7,57 | 16,4 | 1428 | 93,4 | 16,4 | 380 | 476 | 241 | 270 | 3,5 | 41,0 |
| 239 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384121,8619 | 4170963,793 | 7,83 | 16,5 | 690 | 10,7 | 1 | 280 | 328 | 21 | 181 | 84,8 | 12,0 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,2262 | 4167095,899 | 7,09 | 16,4 | 4000 | 81,6 | 1,2 | 1355 | 1795 | 935 | 178 | 226,0 | 86,0 |
| 506 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395644,1108 | 4163162,274 | 7,26 | 16,2 | 2670 | 68,7 | 1,8 | 815 | 1160 | 488 | 166 | 242,0 | 148,0 |
| 236 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386489,5862 | 4169199,569 | 7,66 | 16,5 | 1110 | 13,6 | 1,2 | 446 | 478 | 30 | 161 | 270,0 | 58,0 |
| 233 | ΣΧΙΝΟΧΩΡΙ | 380396,4136 | 4171421,56 | 7,3 | 16,8 | 680 | 10 | 0,8 | 308 | 385 | 12 | 226 | 63,4 | 17,0 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396240,069 | 4166454,255 | 7,41 | 16,4 | 1330 | 25 | 1,4 | 495 | 498 | 109 | 216 | 88,1 | 78,0 |
| 192 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 388722,1442 | 4177530,055 | 8,3 | 16,6 | 572 | 26,6 | 0,9 | 134 | 225 | 33 | 137 | 80,4 | 42,0 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,2734 | 4171326,231 | 7,52 | 16,5 | 635 | 12,8 | 1,4 | 282 | 288 | 21 | 200 | 86,2 | 9,0 |
| 32 | ΑΡΓΟΣ | 387637,0078 | 4161780,719 | 7,32 | 16,2 | 1190 | 61,6 | 0,8 | 510 | 400 | 134 | 269 | 10,7 | 144,0 |
| 44 | ΑΡΓΟΣ | 388280,5929 | 4163134,278 | 7,44 | 16,1 | 2320 | 84 | 1,8 | 795 | 940 | 316 | 412 | 71,7 | 230,0 |
| 303 | ΑΡΙΑ | 395890,999 | 4158664,663 | 7,7 | 16,2 | 1098 | 60,2 | 1,2 | 425 | 436 | 80 | 308 | 32,2 | 134,0 |
| LERNI 1 | ΠΗΓΗ | 386545,236 | 4156673,466 | 7,38 | 16,4 | 652 | 13,6 | 2,1 | 304 | 320 | 8 | 266 | 16,5 | 50,0 |
| LERNI 2 | ΠΗΓΗ | 386820,271 | 4156675,848 | 7,39 | 15,9 | 776 | 33,1 | 1,6 | 332 | 350 | 57 | 260 | 12,8 | 48,0 |
| ANABALOS | ΠΗΓΗ | 388372,254 | 4152626,524 | 7,5 | 16 | 1281 | 115,2 | 3,9 | 244 | 332 | 214 | 214 | 8,2 | 94,0 |
| 177 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384802,8187 | 4168056,613 | 7,75 | 16,1 | 841 | 14,4 | 4 | 324 | 392 | 50 | 211 | 32 | 16,0 |
| 223 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ ΑΓ. | 384729,7185 | 4159765,214 | 7,8 | 16,2 | 988 | 67,8 | 1,4 | 354 | 330 | 126 | 181 | 12 | 62,0 |
| 169 | ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398895,042 | 4162500,064 | 7,61 | 16,1 | 1662 | 63,6 | 1,6 | 518 | 696 | 204 | 208 | 39 | 190,0 |
| 9 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 383518,7378 | 4169812,754 | 7,39 | 16,2 | 584 | 6,3 | 1 | 286 | 284 | 6 | 209 | 13 | 15,0 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------|-------------|--------------|------|------|------|-------|-----|------|------|------|-----|------|-------|
| 278 | ΑΡΓΟΣ | 389213,4027 | 4166164,402 | 7,05 | 16,3 | 3200 | 77,2 | 2 | 1285 | 1295 | 750 | 196 | 38,5 | 84,0 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,1031 | 4163764,406 | 7,23 | 15,9 | 4210 | 200,4 | 2,4 | 1400 | 1705 | 940 | 260 | 49,5 | 320,0 |
| 230 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 383340,7753 | 4168209,766 | 7,66 | 16,3 | 423 | 5,4 | 0,5 | 221 | 206 | 7 | 180 | 7,5 | 4,0 |
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386954,4405 | 4170624,567 | 7,35 | 16,2 | 700 | 16,5 | 0,9 | 310 | 325 | 13 | 210 | 31 | 8,0 |
| 218 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 382644,9399 | 4158922,468 | 7,4 | 16 | 671 | 9,2 | 0,7 | 341 | 346 | 10 | 197 | 12 | 39,0 |
| 213 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383653,8728 | 4158320,678 | 7,33 | 16,1 | 682 | 11 | 1,2 | 354 | 371 | 11 | 260 | 10,5 | 40,0 |
| 518 | ΑΡΓΟΣ | 388955,8171 | 4166533,576 | 7,47 | 16,4 | 2070 | 92,1 | 2,1 | 255 | 22 | 470 | 192 | 17,5 | 59 |
| 13 | ΑΚΟΒΑ | 383655,4707 | 4167144,777 | 7,5 | 16,1 | 530 | 6,6 | 0,6 | 85 | 6,8 | 15 | 205 | 3,1 | 12 |
| 302 | ΑΚΟΒΑ | 388665,0000 | 4168024,0000 | 7,21 | 16 | 1320 | 35 | 1,4 | 184 | 14 | 170 | 165 | 35,5 | 12 |
| 280 | ΑΝΥΦΙ | 394419,0000 | 4168325,0000 | 7,22 | 16 | 1553 | 29,2 | 3,2 | 192 | 30 | 180 | 222 | 67,5 | 70 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,2013 | 4166869,0971 | 7,35 | 16,1 | 1055 | 60,2 | 1,2 | 110 | 25 | 135 | 160 | 52 | 44 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 387729,2095 | 4169477,6127 | 7,27 | 15,8 | 1065 | 23 | 1,2 | 157 | 11 | 75 | 186 | 59,5 | 26 |
| 188 | ΙΝΑΧΟΣ | 389280,0000 | 4170035,0000 | 7,41 | 15,9 | 838 | 21 | 1,3 | 102 | 22 | 40 | 175 | 39 | 12 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,7722 | 4167659,0240 | 6,88 | 15,8 | 3020 | 77,7 | 1,8 | 314 | 83 | 620 | 280 | 67 | 59 |
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388724,4986 | 4171955,7839 | 7,47 | 16,2 | 1003 | 29,6 | 2,8 | 117 | 28 | 110 | 193 | 42,5 | 27 |
| 62 | ΗΡΑ | 389766,4761 | 4168103,9472 | 7,21 | 15,9 | 1868 | 47,7 | 1,5 | 217 | 37 | 370 | 199 | 39,5 | 26 |
| 120 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395870,9732 | 4161963,2883 | 7,18 | 16 | 2390 | 80,7 | 1,5 | 250 | 65 | 1035 | 185 | 46,5 | 563 |
| 271 | ΣΠΗΛΙΩΤΑΚΙ | 384714,9051 | 4153144,0807 | 7,27 | 16 | 641 | 10,3 | 0,8 | 106 | 6,6 | 29 | 178 | 7 | 10 |
| 270 | ΚΑΛΑΜΑΚΙ | 384717,4122 | 4154469,4372 | 7,73 | 16 | 806 | 47 | 1,4 | 84 | 11 | 170 | 196 | 5 | 22 |
| 24 | ΚΙΒΕΡΙ | 386491,5621 | 4155152,6633 | 7,44 | 15,8 | 1164 | 97 | 3,4 | 117 | 16 | 190 | 200 | 6,5 | 43 |
| 250 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 390780,1936 | 4170327,3894 | 7,37 | 15,6 | 937 | 20,9 | 1,7 | 117 | 25 | 49 | 225 | 39 | 59 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385053,4621 | 4160739,2416 | 7,31 | 16 | 914 | 33,5 | 1,4 | 126 | 12 | 105 | 234 | 13 | 43 |
| 604 | ΑΡΓΟΣ | 387907,4792 | 4163916,1045 | 7,36 | 15,7 | 1311 | 114,6 | 5,4 | 114 | 24 | 230 | 295 | 6 | |
| 214 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 382888,8372 | 4158228,0694 | 7,4 | 15,6 | 691 | 9 | 0,8 | 117 | 6,7 | 28 | 238 | 14,5 | 18 |
| 212 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383778,8328 | 4159670,2903 | 7,6 | 16 | 935 | 18,9 | 1,2 | 139 | 10 | 94 | 202 | 61 | 40 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,0716 | 4171408,4191 | 7,5 | 16,1 | 893 | 13,3 | 1 | 140 | 9 | 74 | 190 | 46 | 20 |

Πίνακας χημικών αναλύσεων (Αργολικό πεδίο)

| SampleID | StationID | X (m) | Y (m) | Z (m) | pH | T (oC) | E.C. (μS/cm) | Na+ | K+ | Ca++ | Mg++ | Cl- | HCO3- | NO3- | SO4- |
|----------|-----------|-------------|--------------|-------|------|--------|-----------------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|
| A12 | ΑΣΙΝΗ | 400015,9250 | 4155226,5046 | 12,49 | 7,8 | 16,2 | 1548 | 97,8 | 6,8 | 125 | 42 | 325 | 289 | 9,5 | 108 |
| A13 | ΑΣΙΝΗ | 400086,0978 | 4155772,7968 | 16,1 | 7,24 | 16,4 | 2940 | 127,5 | 1,2 | 246 | 127 | 665 | 350 | 50 | 225 |
| A1 | ΑΣΙΝΗ | 398829,2863 | 4156773,2730 | 37,78 | 7,4 | 16,1 | 2900 | 74,1 | 1,8 | 213 | 145 | 550 | 375 | 71 | 230 |
| A33 | ΑΣΙΝΗ | 402911,0000 | 4155941,0000 | 26 | 7,8 | 16,2 | 2860 | 84 | 3 | 331 | 67 | 580 | 320 | 62 | 225 |
| A26 | ΑΣΙΝΗ | 401334,8815 | 4154589,1631 | 9,23 | 7,64 | 16 | 1840 | 81,3 | 1,2 | 176 | 41 | 370 | 250 | 23 | 105 |
| A5 | ΑΣΙΝΗ | 400425,5967 | 4156127,0048 | 21,4 | 7,16 | 15,8 | 3410 | 94,8 | 1,8 | 354 | 109 | 640 | 365 | 93 | 310 |
| A37 | ΑΣΙΝΗ | 403430,0000 | 4155419,0000 | 15 | 7,31 | 15,8 | 4390 | 241,5 | 7 | 358 | 100 | 1080 | 450 | 88,5 | 260 |

Πίνακας χημικών αναλύσεων (Ασίνη - Δρέπανο)

| SampleID | StationID | X (m) | Y (m) | Z (m) | Βάθος στάθμης (m) | ΑΥΣ (m) |
|----------|--------------------|-------------|--------------|-------|-------------------|---------|
| 2 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384787,4088 | 4170830,6778 | 58,02 | 52,3 | 5,72 |
| 3 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383443,8440 | 4170345,7133 | 68,06 | 59,7 | 8,36 |
| 4 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385648,3128 | 4171971,2471 | 51,16 | 48,2 | 2,96 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,2734 | 4171326,2313 | 77,29 | 110,2 | -32,91 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,0716 | 4171408,4191 | 57,37 | 50,6 | 6,77 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,6993 | 4169114,7800 | 66,48 | 63 | 3,48 |
| 15 | ΑΚΟΒΑ | 385871,1463 | 4163361,1889 | 9,66 | 21,2 | -11,54 |
| 16 | ΑΡΓΟΣ | 385439,9758 | 4162464,5972 | 7,72 | 2 | 5,72 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385053,4621 | 4160739,2416 | 13,07 | 5 | 8,07 |
| 48 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390752,7278 | 4162884,5899 | 4,29 | 4,6 | -0,31 |
| 52 | ΑΡΓΟΣ | 389447,1760 | 4166385,6936 | 18,54 | 21,2 | -2,66 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,2262 | 4167095,8986 | 17,14 | 23,2 | -6,06 |
| 54 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 390762,5030 | 4165751,4124 | 12,53 | 63,2 | -50,67 |
| 56 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 389921,9960 | 4165763,2023 | 14,81 | 18,2 | -3,39 |
| 58 | ΑΡΓΟΣ | 389397,8289 | 4165406,6025 | 15,51 | 19,4 | -3,89 |
| 64 | ΙΝΑΧΟΣ | 390772,1323 | 4169380,6363 | 24,04 | 46 | -21,96 |
| 67 | ΙΝΑΧΟΣ | 388799,9595 | 4168807,5927 | 29,41 | 32,9 | -3,49 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 41 | -2,57 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 59 | -20,57 |
| 74 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392317,2112 | 4168947,8734 | 26,11 | 52,3 | -26,19 |
| 75 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391948,3075 | 4168753,3195 | 23,03 | 41,4 | -18,37 |
| 76 | ΗΡΑ | 391514,5161 | 4167894,7340 | 17,27 | 32,7 | -15,43 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,7722 | 4167659,0240 | 17,39 | 37,4 | -20,01 |
| 84 | ΗΡΑΙΟ | 394052,3171 | 4166691,3282 | 19,51 | 56 | -36,49 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,2013 | 4166869,0971 | 18,19 | 35,6 | -17,41 |
| 90Γ | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,8800 | 4166095,3890 | 12,40 | 23,6 | -11,20 |
| 93 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 391805,0575 | 4165055,7599 | 9,30 | 24,6 | -15,30 |
| 94 | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391122,8184 | 4166663,6407 | 14,17 | 20 | -5,83 |
| 95 | ΗΡΑ | 391670,4972 | 4167226,6348 | 14,81 | 21,2 | -6,39 |
| 96Γ | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391571,5192 | 4162571,4744 | 4,49 | 6,8 | -2,31 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391739,0241 | 4162328,6942 | 4,46 | 6,9 | -2,44 |
| 98 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392636,3018 | 4164581,4131 | 8,44 | 9,6 | -1,16 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,1031 | 4163764,4062 | 11,98 | 12,5 | -0,52 |
| 104 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394595,2769 | 4163477,1336 | 17,48 | 13,6 | 3,88 |
| 107 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392426,3440 | 4161564,1975 | 3,25 | 3,2 | 0,05 |
| 117 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397491,4419 | 4160725,3556 | 41,14 | 14 | 27,14 |
| 118 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398243,0108 | 4160021,7674 | 34,29 | 31 | 3,29 |
| 125 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396766,2527 | 4166361,1988 | 65,87 | 55,8 | 10,07 |
| 135 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388351,7175 | 4172184,9285 | 52,93 | 49,8 | 3,13 |
| 136 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388164,6780 | 4170527,0395 | 39,11 | 42,8 | -3,69 |
| 142 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 389931,5641 | 4171550,8734 | 42,35 | 56,1 | -13,75 |
| 144 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388783,2121 | 4171441,4901 | 43,58 | 49,6 | -6,02 |

| | | | | | | |
|-----|------------|-------------|--------------|-------|------|-------|
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388724,4986 | 4171955,7839 | 50,25 | 51,1 | -0,85 |
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386954,4405 | 4170624,5672 | 43,74 | 45,5 | -1,76 |

Πιεζομετρία 1986

| SampleID | StationID | X (m) | Y (m) | Z (m) | Βάθος στάθμης (m) | ΑΥΣ (m) |
|----------|--------------------|-------------|--------------|-------|-------------------|---------|
| 2 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384787,4088 | 4170830,6778 | 58,02 | 76,3 | -18,28 |
| 3 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383443,8440 | 4170345,7133 | 68,06 | 89,2 | -21,14 |
| 4 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385648,3128 | 4171971,2471 | 51,16 | 78,6 | -27,44 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,2734 | 4171326,2313 | 77,29 | 133,2 | -55,91 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,0716 | 4171408,4191 | 57,37 | 83,2 | -25,83 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,6993 | 4169114,7800 | 66,48 | 91,3 | -24,82 |
| 15 | ΑΚΟΒΑ | 385871,1463 | 4163361,1889 | 9,66 | 15,6 | -5,94 |
| 16 | ΑΡΓΟΣ | 385439,9758 | 4162464,5972 | 7,72 | 14,8 | -7,08 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385053,4621 | 4160739,2416 | 13,07 | 11,3 | 1,77 |
| 48 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390752,7278 | 4162884,5899 | 4,29 | 9,3 | -5,01 |
| 52 | ΑΡΓΟΣ | 389447,1760 | 4166385,6936 | 18,54 | 27,2 | -8,66 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,2262 | 4167095,8986 | 17,14 | 24,8 | -7,66 |
| 54 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 390762,5030 | 4165751,4124 | 12,53 | 69,7 | -57,17 |
| 56 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 389921,9960 | 4165763,2023 | 14,81 | 23,2 | -8,39 |
| 64 | ΙΝΑΧΟΣ | 390772,1323 | 4169380,6363 | 24,04 | 54,6 | -30,56 |
| 67 | ΙΝΑΧΟΣ | 388799,9595 | 4168807,5927 | 29,41 | 41,2 | -11,79 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 54,6 | -16,17 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 60,3 | -21,87 |
| 74 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392317,2112 | 4168947,8734 | 26,11 | 54,7 | -28,59 |
| 75 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391948,3075 | 4168753,3195 | 23,03 | 53,2 | -30,17 |
| 76 | ΗΡΑ | 391514,5161 | 4167894,7340 | 17,27 | 41,8 | -24,53 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,7722 | 4167659,0240 | 17,39 | 40,2 | -22,81 |
| 84 | ΗΡΑΙΟ | 394052,3171 | 4166691,3282 | 19,51 | 71,2 | -51,69 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,2013 | 4166869,0971 | 18,19 | 40,9 | -22,71 |
| 88 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 393362,5190 | 4165417,7149 | 10,24 | 18,2 | -7,96 |
| 90Γ | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,8800 | 4166095,3890 | 12,40 | 32,8 | -20,40 |
| 93 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 391805,0575 | 4165055,7599 | 9,30 | 25,5 | -16,20 |
| 94 | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391122,8184 | 4166663,6407 | 14,17 | 23,1 | -8,93 |
| 95 | ΗΡΑ | 391670,4972 | 4167226,6348 | 14,81 | 34,8 | -19,99 |
| 96Γ | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391571,5192 | 4162571,4744 | 4,49 | 16,3 | -11,81 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391739,0241 | 4162328,6942 | 4,46 | 10 | -5,54 |
| 98 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392636,3018 | 4164581,4131 | 8,44 | 17,8 | -9,36 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,1031 | 4163764,4062 | 11,98 | 16,7 | -4,72 |
| 104 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394595,2769 | 4163477,1336 | 17,48 | 23,8 | -6,32 |
| 107 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392426,3440 | 4161564,1975 | 3,25 | 8,4 | -5,15 |
| 114 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396314,0742 | 4160791,4261 | 29,81 | 40,2 | -10,39 |
| 117 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397491,4419 | 4160725,3556 | 41,14 | 36,4 | 4,74 |
| 118 | ΑΓΙΟΣ | 398243,0108 | 4160021,7674 | 34,29 | 48,5 | -14,21 |

| ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|--------------|------------|-------|--------|
| 125 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396766,2527 | 4166361,1988 | 65,87 | 76,5 | -10,63 |
| 135 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388351,7175 | 4172184,9285 | 52,93 | 78,3 | -25,37 |
| 136 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388164,6780 | 4170527,0395 | 39,11 | 60,1 | -20,99 |
| 144 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388783,2121 | 4171441,4901 | 43,58 | 84,2 | -40,62 |
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388724,4986 | 4171955,7839 | 50,25 | 71,2 | -20,95 |
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386954,4405 | 4170624,5672 | 43,74 | 69,6 | -25,86 |
| 170 | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 389599,3663 | 4161608,8058 | 2,63 | 9,1 | -6,47 |
| 174 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389595,5934 | 4163216,9884 | 6,84 | 13,3 | -6,46 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 388990,7347 | 4163637,5060 | 8,68 | 16,1 | -7,42 |
| 177 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384802,8187 | 4168056,6134 | 79,44 | 80,2 | -0,76 |
| 178 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384014,4307 | 4169337,8333 | 68,31 | 91,2 | -22,89 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396240,0690 | 4166454,2545 | 57,25 | 62,8 | -5,55 |
| 188 | ΙΝΑΧΟΣ | 389280,0000 | 4170035,0000 | 40,00 | 73,6 | -33,60 |
| 192 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 388722,1442 | 4177530,0550 | 123,8 6 | 94,6 | 29,26 |
| 201 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 388499,9322 | 4173375,9080 | 65,23 | 115,2 | -49,97 |

Πιεζομετρία 1990

| SampleID | StationID | X (m) | Y (m) | Z (m) | Βάθος στάθμης (m) | ΑΥΣ (m) |
|----------|-------------|-------------|--------------|-------|-------------------|---------|
| 2 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384787,4088 | 4170830,6778 | 58,02 | 67,1 | -9,08 |
| 3 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383443,8440 | 4170345,7133 | 68,06 | 69 | -0,94 |
| 4 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385648,3128 | 4171971,2471 | 51,16 | 60,5 | -9,34 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,2734 | 4171326,2313 | 77,29 | 77,5 | -0,21 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,0716 | 4171408,4191 | 57,37 | 66,4 | -9,03 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,6993 | 4169114,7800 | 66,48 | 74,4 | -7,92 |
| 15 | ΑΚΟΒΑ | 385871,1463 | 4163361,1889 | 9,66 | 7,9 | 1,76 |
| 16 | ΑΡΓΟΣ | 385439,9758 | 4162464,5972 | 7,72 | 2,1 | 5,62 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385053,4621 | 4160739,2416 | 13,07 | 6,9 | 6,17 |
| 48 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390752,7278 | 4162884,5899 | 4,29 | 3,9 | 0,39 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,2262 | 4167095,8986 | 17,14 | 16,2 | 0,94 |
| 54 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 390762,5030 | 4165751,4124 | 12,53 | 46,3 | -33,77 |
| 56 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 389921,9960 | 4165763,2023 | 14,81 | 16,4 | -1,59 |
| 64 | ΙΝΑΧΟΣ | 390772,1323 | 4169380,6363 | 24,04 | 50 | -25,96 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 50,9 | -12,47 |
| 74 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392317,2112 | 4168947,8734 | 26,11 | 46,9 | -20,79 |
| 75 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391948,3075 | 4168753,3195 | 23,03 | 42,3 | -19,27 |
| 76 | ΗΡΑ | 391514,5161 | 4167894,7340 | 17,27 | 22 | -4,73 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,7722 | 4167659,0240 | 17,39 | 17,9 | -0,51 |
| 84 | ΗΡΑΙΟ | 394052,3171 | 4166691,3282 | 19,51 | 19,6 | -0,09 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,2013 | 4166869,0971 | 18,19 | 16,8 | 1,39 |
| 87 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394036,6774 | 4165681,9332 | 14,90 | 12,6 | 2,30 |
| 90Γ | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,8800 | 4166095,3890 | 12,40 | 10,7 | 1,70 |
| 93 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 391805,0575 | 4165055,7599 | 9,30 | 7,8 | 1,50 |

| | | | | | | |
|-----|--------------------|-------------|--------------|-------|------|--------|
| 94 | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391122,8184 | 4166663,6407 | 14,17 | 12,9 | 1,27 |
| 95 | ΗΡΑ | 391670,4972 | 4167226,6348 | 14,81 | 15 | -0,19 |
| 96Γ | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391571,5192 | 4162571,4744 | 4,49 | 2,9 | 1,59 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391739,0241 | 4162328,6942 | 4,46 | 2,7 | 1,76 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,1031 | 4163764,4062 | 11,98 | 6,6 | 5,38 |
| 107 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392426,3440 | 4161564,1975 | 3,25 | 1,3 | 1,95 |
| 114 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396314,0742 | 4160791,4261 | 29,81 | 28,6 | 1,21 |
| 117 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397491,4419 | 4160725,3556 | 41,14 | 23,9 | 17,24 |
| 118 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398243,0108 | 4160021,7674 | 34,29 | 32,3 | 1,99 |
| 125 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396766,2527 | 4166361,1988 | 65,87 | 60,6 | 5,27 |
| 144 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388783,2121 | 4171441,4901 | 43,58 | 73 | -29,42 |
| 170 | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 389599,3663 | 4161608,8058 | 2,63 | 2,5 | 0,13 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 388990,7347 | 4163637,5060 | 8,68 | 8,5 | 0,18 |
| 178 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384014,4307 | 4169337,8333 | 68,31 | 69,9 | -1,59 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396240,0690 | 4166454,2545 | 57,25 | 57 | 0,25 |

Πιεζομετρία 1995

| SampleID | StationID | X (m) | Y (m) | Z (m) | Βάθος στάθμης (m) | ΑΥΣ (m) |
|----------|-------------|-------------|--------------|-------|-------------------|---------|
| 2 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384787,4088 | 4170830,6778 | 58,02 | 52,9 | 5,12 |
| 3 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383443,8440 | 4170345,7133 | 68,06 | 57,9 | 10,16 |
| 4 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385648,3128 | 4171971,2471 | 51,16 | 46,4 | 4,76 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,2734 | 4171326,2313 | 77,29 | 63,4 | 13,89 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,0716 | 4171408,4191 | 57,37 | 51,8 | 5,57 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,6993 | 4169114,7800 | 66,48 | 60 | 6,48 |
| 15 | ΑΚΟΒΑ | 385871,1463 | 4163361,1889 | 9,66 | 8,1 | 1,56 |
| 16 | ΑΡΓΟΣ | 385439,9758 | 4162464,5972 | 7,72 | 4,7 | 3,02 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΛΑΡΙ | 385053,4621 | 4160739,2416 | 13,07 | 10,1 | 2,97 |
| 48 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390752,7278 | 4162884,5899 | 4,29 | 5,4 | -1,11 |
| 52 | ΑΡΓΟΣ | 389447,1760 | 4166385,6936 | 18,54 | 19 | -0,46 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,2262 | 4167095,8986 | 17,14 | 18,7 | -1,56 |
| 54 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 390762,5030 | 4165751,4124 | 12,53 | 20,5 | -7,97 |
| 56 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 389921,9960 | 4165763,2023 | 14,81 | 20,8 | -5,99 |
| 58 | ΑΡΓΟΣ | 389397,8289 | 4165406,6025 | 15,51 | 15,4 | 0,11 |
| 64 | ΙΝΑΧΟΣ | 390772,1323 | 4169380,6363 | 24,04 | 34 | -9,96 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 37,1 | 1,33 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 47 | -8,57 |
| 74 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392317,2112 | 4168947,8734 | 26,11 | 32,6 | -6,49 |
| 75 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391948,3075 | 4168753,3195 | 23,03 | 32,8 | -9,77 |
| 76 | ΗΡΑ | 391514,5161 | 4167894,7340 | 17,27 | 23,8 | -6,53 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,7722 | 4167659,0240 | 17,39 | 23,3 | -5,91 |
| 84 | ΗΡΑΙΟ | 394052,3171 | 4166691,3282 | 19,51 | 22,8 | -3,29 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,2013 | 4166869,0971 | 18,19 | 23 | -4,81 |
| 87 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394036,6774 | 4165681,9332 | 14,90 | 15,5 | -0,60 |

| | | | | | | |
|-----|--------------------|-------------|--------------|-------|------|--------|
| 88 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 393362,5190 | 4165417,7149 | 10,24 | 10,5 | -0,26 |
| 90Γ | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,8800 | 4166095,3890 | 12,40 | 21,1 | -8,70 |
| 93 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 391805,0575 | 4165055,7599 | 9,30 | 9,8 | -0,50 |
| 94 | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391122,8184 | 4166663,6407 | 14,17 | 15,4 | -1,23 |
| 95 | ΗΡΑ | 391670,4972 | 4167226,6348 | 14,81 | 19,4 | -4,59 |
| 96Γ | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391571,5192 | 4162571,4744 | 4,49 | 5,2 | -0,71 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391739,0241 | 4162328,6942 | 4,46 | 3,8 | 0,66 |
| 98 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392636,3018 | 4164581,4131 | 8,44 | 8,2 | 0,24 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,1031 | 4163764,4062 | 11,98 | 11,5 | 0,48 |
| 104 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394595,2769 | 4163477,1336 | 17,48 | 16,8 | 0,68 |
| 107 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392426,3440 | 4161564,1975 | 3,25 | 3,1 | 0,15 |
| 114 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396314,0742 | 4160791,4261 | 29,81 | 28,8 | 1,01 |
| 117 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397491,4419 | 4160725,3556 | 41,14 | 24,1 | 17,04 |
| 118 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398243,0108 | 4160021,7674 | 34,29 | 25,6 | 8,69 |
| 135 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388351,7175 | 4172184,9285 | 52,93 | 52,6 | 0,33 |
| 136 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388164,6780 | 4170527,0395 | 39,11 | 42 | -2,89 |
| 142 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 389931,5641 | 4171550,8734 | 42,35 | 49,1 | -6,75 |
| 144 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388783,2121 | 4171441,4901 | 43,58 | 42,6 | 0,98 |
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386954,4405 | 4170624,5672 | 43,74 | 40,4 | 3,34 |
| 170 | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 389599,3663 | 4161608,8058 | 2,63 | 3,5 | -0,87 |
| 174 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389595,5934 | 4163216,9884 | 6,84 | 9,6 | -2,76 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 388990,7347 | 4163637,5060 | 8,68 | 9,4 | -0,72 |
| 177 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384802,8187 | 4168056,6134 | 79,44 | 58,8 | 20,64 |
| 178 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384014,4307 | 4169337,8333 | 68,31 | 59,3 | 9,01 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396240,0690 | 4166454,2545 | 57,25 | 49,7 | 7,55 |
| 212 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383778,8328 | 4159670,2903 | 45,68 | 39,5 | 6,18 |
| 213 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383653,8728 | 4158320,6778 | 37,50 | 31,5 | 6,00 |
| 502 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395150,2467 | 4160515,0312 | 15,65 | 15,2 | 0,45 |
| 505 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395247,6707 | 4162582,7572 | 27,47 | 24,4 | 3,07 |
| 507 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394339,9809 | 4164692,5973 | 17,31 | 17 | 0,31 |
| 508 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394288,6933 | 4164833,4866 | 17,07 | 17 | 0,07 |
| 512 | ΑΝΥΦΙ | 392787,2251 | 4168020,9849 | 21,49 | 28,6 | -7,11 |
| 513 | ΗΡΑ | 391032,3176 | 4168613,0435 | 19,42 | 29,6 | -10,18 |
| 514 | ΗΡΑ | 390411,6746 | 4168348,1941 | 21,92 | 31,6 | -9,68 |
| 515 | ΗΡΑ | 390193,7699 | 4167783,9704 | 20,86 | 22,9 | -2,04 |
| 516 | ΗΡΑ | 390198,8723 | 4167496,1409 | 19,59 | 21,4 | -1,81 |
| 517 | ΑΡΓΟΣ | 389559,1764 | 4166752,3117 | 19,66 | 20,2 | -0,54 |
| 518 | ΑΡΓΟΣ | 388955,8171 | 4166533,5761 | 21,97 | 22,4 | -0,43 |
| 519 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392080,9231 | 4165846,5038 | 11,54 | 11,8 | -0,26 |
| E2 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389827,0929 | 4162545,4046 | 5,52 | 6,2 | -0,68 |
| E4 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390972,1171 | 4162114,4916 | 3,39 | 4,3 | -0,91 |
| E5 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391281,0113 | 4161997,4703 | 3,24 | 3,1 | 0,14 |
| E8 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392961,4240 | 4161776,1135 | 4,22 | 3,8 | 0,42 |
| E9 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392969,9400 | 4161776,3035 | 4,26 | 4 | 0,26 |

Πιεζομετρία 2000

| SampleID | StationID | X (m) | Y (m) | Z (m) | Βάθος στάθμης (m) | ΑΥΣ (m) |
|----------|--------------------|-------------|--------------|-------|-------------------|---------|
| 2 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384787,4088 | 4170830,6778 | 58,02 | 80,1 | -22,08 |
| 3 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383443,8440 | 4170345,7133 | 68,06 | 87,85 | -19,79 |
| 4 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385648,3128 | 4171971,2471 | 51,16 | 72,3 | -21,14 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,2734 | 4171326,2313 | 77,29 | 95,4 | -18,11 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,0716 | 4171408,4191 | 57,37 | 79,3 | -21,93 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,6993 | 4169114,7800 | 66,48 | 85,2 | -18,72 |
| 15 | ΑΚΟΒΑ | 385871,1463 | 4163361,1889 | 9,66 | 11,2 | -1,54 |
| 16 | ΑΡΓΟΣ | 385439,9758 | 4162464,5972 | 7,72 | 6,4 | 1,32 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385053,4621 | 4160739,2416 | 13,07 | 12,4 | 0,67 |
| 23 | ΚΙΒΕΡΙ | 387051,2278 | 4153873,1745 | 10,29 | 9,7 | 0,59 |
| 48 | ΔΑΛΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390752,7278 | 4162884,5899 | 4,29 | 8,2 | -3,91 |
| 52 | ΑΡΓΟΣ | 389447,1760 | 4166385,6936 | 18,54 | 23,15 | -4,61 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,2262 | 4167095,8986 | 17,14 | 24 | -6,86 |
| 54 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 390762,5030 | 4165751,4124 | 12,53 | 45,7 | -33,17 |
| 56 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 389921,9960 | 4165763,2023 | 14,81 | 21,7 | -6,89 |
| 58 | ΑΡΓΟΣ | 389397,8289 | 4165406,6025 | 15,51 | 18,6 | -3,09 |
| 64 | ΙΝΑΧΟΣ | 390772,1323 | 4169380,6363 | 24,04 | 46,2 | -22,16 |
| 67 | ΙΝΑΧΟΣ | 388799,9595 | 4168807,5927 | 29,41 | 46,3 | -16,89 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 51,7 | -13,27 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 56 | -17,57 |
| 74 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392317,2112 | 4168947,8734 | 26,11 | 46,4 | -20,29 |
| 75 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391948,3075 | 4168753,3195 | 23,03 | 45,5 | -22,47 |
| 76 | ΗΡΑ | 391514,5161 | 4167894,7340 | 17,27 | 30,1 | -12,83 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,7722 | 4167659,0240 | 17,39 | 32,9 | -15,51 |
| 84 | ΗΡΑΙΟ | 394052,3171 | 4166691,3282 | 19,51 | 27,15 | -7,64 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,2013 | 4166869,0971 | 18,19 | 27,9 | -9,71 |
| 87 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394036,6774 | 4165681,9332 | 14,90 | 18,4 | -3,50 |
| 88 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 393362,5190 | 4165417,7149 | 10,24 | 12,6 | -2,36 |
| 90Π | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,8738 | 4166095,3880 | 12,49 | 29,3 | -16,81 |
| 90Γ | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,8800 | 4166095,3890 | 12,40 | 15,3 | -2,90 |
| 93 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 391805,0575 | 4165055,7599 | 9,30 | 16,9 | -7,60 |
| 94 | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391122,8184 | 4166663,6407 | 14,17 | 18,4 | -4,23 |
| 95 | ΗΡΑ | 391670,4972 | 4167226,6348 | 14,81 | 26,7 | -11,89 |
| 96Γ | ΔΑΛΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391571,5192 | 4162571,4744 | 4,49 | 7,2 | -2,71 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,1031 | 4163764,4062 | 11,98 | 13,3 | -1,32 |
| 104 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394595,2769 | 4163477,1336 | 17,48 | 19,25 | -1,77 |
| 107 | ΔΑΛΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392426,3440 | 4161564,1975 | 3,25 | 4,5 | -1,25 |
| 114 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396314,0742 | 4160791,4261 | 29,81 | 32 | -2,19 |
| 117 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397491,4419 | 4160725,3556 | 41,14 | 27,4 | 13,74 |
| 118 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398243,0108 | 4160021,7674 | 34,29 | 34,4 | -0,11 |
| 125 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396766,2527 | 4166361,1988 | 65,87 | 60,45 | 5,42 |

| | | | | | | |
|-----|--------------------|-------------|--------------|--------|-------|--------|
| 135 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388351,7175 | 4172184,9285 | 52,93 | 73 | -20,07 |
| 136 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388164,6780 | 4170527,0395 | 39,11 | 36,2 | 2,91 |
| 142 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 389931,5641 | 4171550,8734 | 42,35 | 65,2 | -22,85 |
| 144 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388783,2121 | 4171441,4901 | 43,58 | 68,8 | -25,22 |
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388724,4986 | 4171955,7839 | 50,25 | 73,7 | -23,45 |
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386954,4405 | 4170624,5672 | 43,74 | 66,9 | -23,16 |
| 169 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398895,0420 | 4162500,0641 | 98,26 | 61 | 37,26 |
| 170 | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 389599,3663 | 4161608,8058 | 2,63 | 5,95 | -3,32 |
| 174 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389595,5934 | 4163216,9884 | 6,84 | 9,6 | -2,76 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 388990,7347 | 4163637,5060 | 8,68 | 13,15 | -4,47 |
| 177 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384802,8187 | 4168056,6134 | 79,44 | 70,4 | 9,04 |
| 178 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384014,4307 | 4169337,8333 | 68,31 | 87,1 | -18,79 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396240,0690 | 4166454,2545 | 57,25 | 60,9 | -3,65 |
| 201 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 388499,9322 | 4173375,9080 | 65,23 | 76,3 | -11,07 |
| 212 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383778,8328 | 4159670,2903 | 45,68 | 43,4 | 2,28 |
| 213 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383653,8728 | 4158320,6778 | 37,50 | 37,1 | 0,40 |
| 216 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 384957,6626 | 4158369,3849 | 13,91 | 12,6 | 1,31 |
| 218 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 382644,9399 | 4158922,4676 | 73,24 | 70,15 | 3,09 |
| 219 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 384059,6479 | 4160317,7671 | 38,10 | 33,5 | 4,60 |
| 221 | ΜΥΛΟΙ | 385580,3906 | 4157452,8600 | 17,95 | 16,25 | 1,70 |
| 222 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 384701,1405 | 4158615,6284 | 18,69 | 17 | 1,69 |
| 223 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 384729,7185 | 4159765,2143 | 23,31 | 22,3 | 1,01 |
| 224 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385456,4906 | 4160333,5687 | 7,77 | 7,15 | 0,62 |
| 225 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385514,0000 | 4159359,0000 | 7,30 | 5,4 | 1,90 |
| 226 | ΜΥΛΟΙ | 385740,6933 | 4157964,1002 | 6,07 | 4,4 | 1,67 |
| 228 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385075,6336 | 4161711,1739 | 9,01 | 8 | 1,01 |
| 230 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 383340,7753 | 4168209,7661 | 89,32 | 93,6 | -4,28 |
| 231 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383174,6016 | 4170952,6860 | 71,69 | 89,9 | -18,21 |
| 232 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 381494,0178 | 4170390,9087 | 82,75 | 69,2 | 13,55 |
| 233 | ΣΧΙΝΟΧΩΡΙ | 380396,4136 | 4171421,5598 | 103,32 | 85,3 | 18,02 |
| 235 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385995,9197 | 4170166,8052 | 48,76 | 71 | -22,24 |
| 236 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386489,5862 | 4169199,5693 | 48,61 | 56,9 | -8,29 |
| 237 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386634,4021 | 4172180,4486 | 49,48 | 78,5 | -29,02 |
| 239 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384121,8619 | 4170963,7934 | 63,70 | 85,9 | -22,20 |
| 240 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383909,3985 | 4171661,6197 | 72,85 | 94,4 | -21,55 |
| 241 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 387572,9683 | 4171378,3912 | 45,68 | 72,9 | -27,22 |
| 244 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 388401,5479 | 4175474,1328 | 92,16 | 50,4 | 41,76 |
| 246 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391967,0146 | 4170301,9553 | 35,58 | 57,1 | -21,52 |
| 247 | ΙΝΑΧΟΣ | 388917,3213 | 4169424,8634 | 30,02 | 49,75 | -19,73 |
| 249 | ΙΝΑΧΟΣ | 390028,3183 | 4170130,2490 | 30,52 | 58,85 | -28,33 |
| 252 | ΑΝΥΦΙ | 393927,8573 | 4168547,2328 | 32,50 | 49 | -16,50 |
| 253 | ΜΑΝΕΣΙ | 395294,5933 | 4169097,6116 | 50,66 | 81 | -30,34 |
| 254 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 394099,8562 | 4167041,0750 | 22,72 | 28,8 | -6,08 |
| 256 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 395093,0738 | 4163812,6168 | 22,25 | 22,85 | -0,60 |
| 257 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394826,3701 | 4164150,3680 | 19,89 | 21,7 | -1,81 |

| | | | | | | |
|-----|--------------------|-------------|--------------|--------|-------|--------|
| 259 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396599,2577 | 4162607,6372 | 45,44 | 46,8 | -1,36 |
| 260 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397182,4790 | 4162097,4361 | 59,07 | 61,25 | -2,18 |
| 261 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 399433,5021 | 4162573,4396 | 109,82 | 53,6 | 56,22 |
| 264 | ΑΡΙΑ | 395984,8064 | 4158990,2374 | 10,23 | 10,2 | 0,03 |
| 266 | ΔΡΕΠΑΝΟ | 402754,4895 | 4155304,3212 | 6,02 | 4,5 | 1,52 |
| 268 | ΜΥΛΟΙ | 385816,4645 | 4155449,5522 | 29,13 | 27,65 | 1,48 |
| 270 | ΜΥΛΟΙ | 385240,8075 | 4155129,0342 | 48,36 | 46,7 | 1,66 |
| 271 | ΚΑΛΑΜΑΚΙ | 384717,4122 | 4154469,4372 | 58,61 | 56,55 | 2,06 |
| 272 | ΣΠΗΛΙΩΤΑΚΙ | 384714,9051 | 4153144,0807 | 38,25 | 37,3 | 0,95 |
| 273 | ΚΙΒΕΡΙ | 386334,4257 | 4153649,0007 | 16,52 | 15,7 | 0,82 |
| 274 | ΚΙΒΕΡΙ | 386890,7834 | 4154497,6911 | 7,40 | 6,7 | 0,70 |
| 277 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 393866,4514 | 4165192,3807 | 12,83 | 17,25 | -4,42 |
| 502 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395150,2467 | 4160515,0312 | 15,65 | 16,3 | -0,65 |
| 505 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395247,6707 | 4162582,7572 | 27,47 | 30,1 | -2,63 |
| 507 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394339,9809 | 4164692,5973 | 17,31 | 19,4 | -2,09 |
| 508 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394288,6933 | 4164833,4866 | 17,07 | 19,3 | -2,23 |
| 509 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 395174,1324 | 4166446,6979 | 36,00 | 45,8 | -9,80 |
| 512 | ΑΝΥΦΙ | 392787,2251 | 4168020,9849 | 21,49 | 38,65 | -17,16 |
| 513 | ΗΡΑ | 391032,3176 | 4168613,0435 | 19,42 | 42,8 | -23,38 |
| 514 | ΗΡΑ | 390411,6746 | 4168348,1941 | 21,92 | 45,4 | -23,48 |
| 515 | ΗΡΑ | 390193,7699 | 4167783,9704 | 20,86 | 30,2 | -9,34 |
| 517 | ΑΡΓΟΣ | 389559,1764 | 4166752,3117 | 19,66 | 25,25 | -5,59 |
| 518 | ΑΡΓΟΣ | 388955,8171 | 4166533,5761 | 21,97 | 27,6 | -5,63 |
| 519 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392080,9231 | 4165846,5038 | 11,54 | 13,65 | -2,11 |
| 521 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 394102,8690 | 4160294,6791 | 4,28 | 4 | 0,28 |
| 602 | ΑΡΓΟΣ | 386733,2646 | 4163575,9892 | 3,94 | 5,9 | -1,96 |
| E1 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389823,0943 | 4162572,6863 | 5,46 | 8,2 | -2,74 |
| E2 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389827,0929 | 4162545,4046 | 5,52 | 8,2 | -2,68 |
| E4 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390972,1171 | 4162114,4916 | 3,39 | 6,15 | -2,76 |
| E5 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391281,0113 | 4161997,4703 | 3,24 | 4,6 | -1,36 |
| E8 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392961,4240 | 4161776,1135 | 4,22 | 5,3 | -1,08 |
| E9 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392969,9400 | 4161776,3035 | 4,26 | 5,4 | -1,14 |

Πιεζομετρία 2005

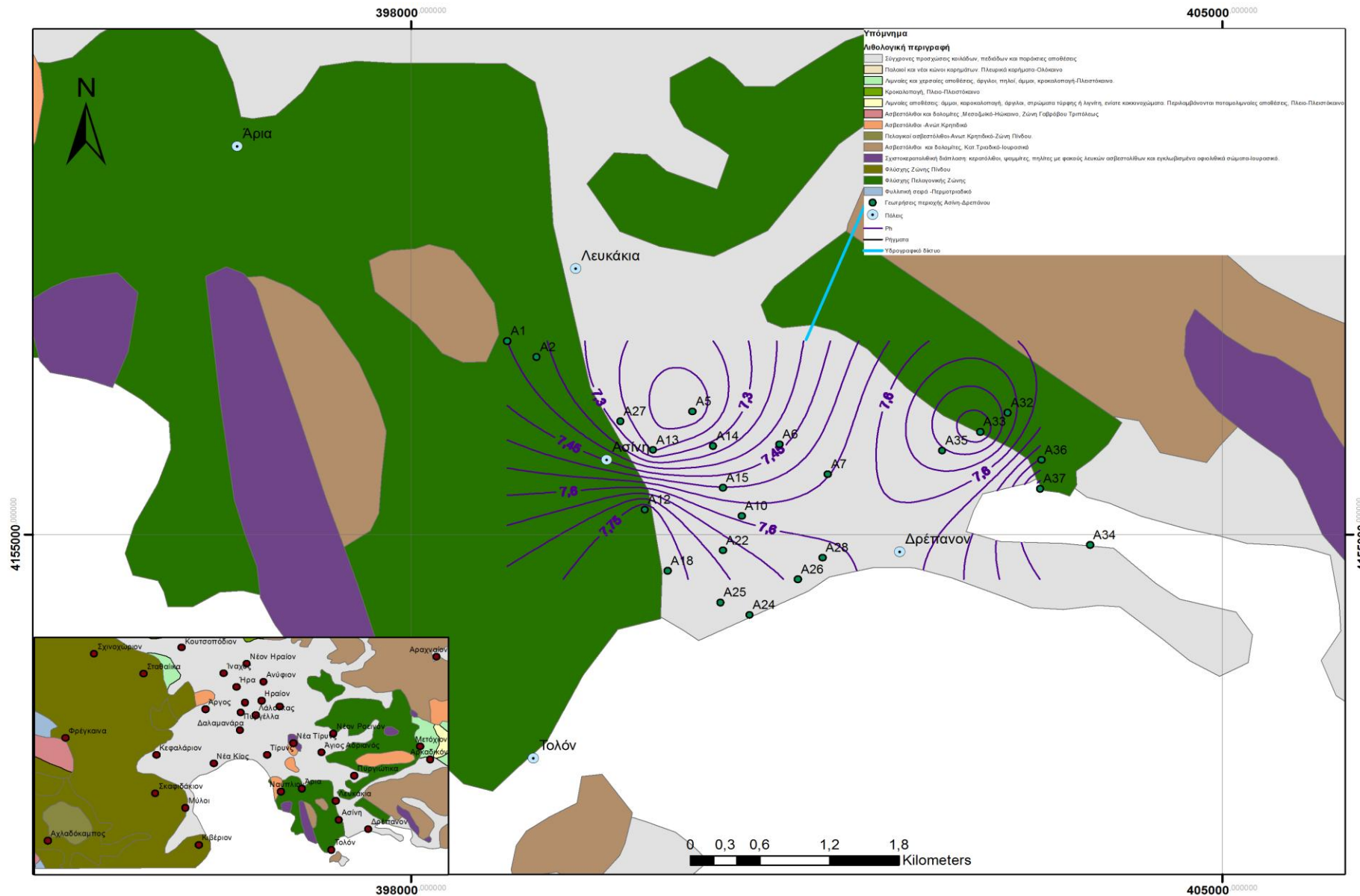
| SampleID | StationID | X (m) | Y (m) | Z (m) | Βάθος στάθμης (m) | ΑΥΣ (m) |
|----------|------------|-------------|--------------|-------|-------------------|---------|
| 2 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384787,4088 | 4170830,6778 | 58,02 | 92,6 | -34,58 |
| 3 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383443,8440 | 4170345,7133 | 68,06 | 93,8 | -25,74 |
| 4 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385648,3128 | 4171971,2471 | 51,16 | 74,3 | -23,14 |
| 6 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 382669,2734 | 4171326,2313 | 77,29 | 103,8 | -26,51 |
| 7 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385010,0716 | 4171408,4191 | 57,37 | 92,1 | -34,73 |
| 8 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385075,6993 | 4169114,7800 | 66,48 | 94,1 | -27,62 |
| 15 | ΑΚΟΒΑ | 385871,1463 | 4163361,1889 | 9,66 | 10,4 | -0,74 |

| | | | | | | |
|-----|--------------------|-------------|--------------|-------|------|--------|
| 16 | ΑΡΓΟΣ | 385439,9758 | 4162464,5972 | 7,72 | 5,1 | 2,62 |
| 19 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385053,4621 | 4160739,2416 | 13,07 | 11,2 | 1,87 |
| 23 | ΚΙΒΕΡΙ | 387051,2278 | 4153873,1745 | 10,29 | 9,2 | 1,09 |
| 24 | ΚΙΒΕΡΙ | 386491,5621 | 4155152,6633 | 15,28 | 13,1 | 2,18 |
| 48 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390752,7278 | 4162884,5899 | 4,29 | 5,8 | -1,51 |
| 52 | ΑΡΓΟΣ | 389447,1760 | 4166385,6936 | 18,54 | 22,2 | -3,66 |
| 53 | ΗΡΑ | 390730,2262 | 4167095,8986 | 17,14 | 21,9 | -4,76 |
| 54 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 390762,5030 | 4165751,4124 | 12,53 | 22,6 | -10,07 |
| 56 | ΠΥΡΓΕΛΑ | 389921,9960 | 4165763,2023 | 14,81 | 18,8 | -3,99 |
| 58 | ΑΡΓΟΣ | 389397,8289 | 4165406,6025 | 15,51 | 16,5 | -0,99 |
| 64 | ΙΝΑΧΟΣ | 390772,1323 | 4169380,6363 | 24,04 | 56,7 | -32,66 |
| 67 | ΙΝΑΧΟΣ | 388799,9595 | 4168807,5927 | 29,41 | 49,3 | -19,89 |
| 69 | ΙΝΑΧΟΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 50,6 | -12,17 |
| 72 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392560,6811 | 4169729,9792 | 38,43 | 60,8 | -22,37 |
| 74 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 392317,2112 | 4168947,8734 | 26,11 | 51,8 | -25,69 |
| 75 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391948,3075 | 4168753,3195 | 23,03 | 49 | -25,97 |
| 76 | ΗΡΑ | 391514,5161 | 4167894,7340 | 17,27 | 28,4 | -11,13 |
| 78 | ΗΡΑ | 391894,7722 | 4167659,0240 | 17,39 | 29,3 | -11,91 |
| 84 | ΗΡΑΙΟ | 394052,3171 | 4166691,3282 | 19,51 | 25,5 | -5,99 |
| 85 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 393527,2013 | 4166869,0971 | 18,19 | 25,5 | -7,31 |
| 87 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394036,6774 | 4165681,9332 | 14,90 | 17,4 | -2,50 |
| 88 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 393362,5190 | 4165417,7149 | 10,24 | 11,2 | -0,96 |
| 90Π | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,8738 | 4166095,3880 | 12,49 | 13,6 | -1,11 |
| 90Γ | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391539,8800 | 4166095,3890 | 12,40 | 22 | -9,60 |
| 93 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 391805,0575 | 4165055,7599 | 9,30 | 11,9 | -2,60 |
| 94 | ΚΟΥΡΤΑΚΙ | 391122,8184 | 4166663,6407 | 14,17 | 16,7 | -2,53 |
| 95 | ΗΡΑ | 391670,4972 | 4167226,6348 | 14,81 | 23,6 | -8,79 |
| 96Γ | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391571,5192 | 4162571,4744 | 4,49 | 4,2 | 0,29 |
| 97 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391739,0241 | 4162328,6942 | 4,46 | 4,5 | -0,04 |
| 98 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392636,3018 | 4164581,4131 | 8,44 | 8,2 | 0,24 |
| 101 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 393944,1031 | 4163764,4062 | 11,98 | 11,8 | 0,18 |
| 104 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394595,2769 | 4163477,1336 | 17,48 | 18,7 | -1,22 |
| 107 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392426,3440 | 4161564,1975 | 3,25 | 2,7 | 0,55 |
| 114 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396314,0742 | 4160791,4261 | 29,81 | 32,8 | -2,99 |
| 117 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397491,4419 | 4160725,3556 | 41,14 | 30,7 | 10,44 |
| 118 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398243,0108 | 4160021,7674 | 34,29 | 39,4 | -5,11 |
| 125 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396766,2527 | 4166361,1988 | 65,87 | 58,3 | 7,57 |
| 135 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388351,7175 | 4172184,9285 | 52,93 | 82,6 | -29,67 |
| 136 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388164,6780 | 4170527,0395 | 39,11 | 74,2 | -35,09 |
| 142 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 389931,5641 | 4171550,8734 | 42,35 | 71,3 | -28,95 |
| 144 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388783,2121 | 4171441,4901 | 43,58 | 80,7 | -37,12 |
| 145 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 388724,4986 | 4171955,7839 | 50,25 | 86,1 | -35,85 |
| 147 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386954,4405 | 4170624,5672 | 43,74 | 79,1 | -35,36 |
| 169 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 398895,0420 | 4162500,0641 | 98,26 | 61 | 37,26 |

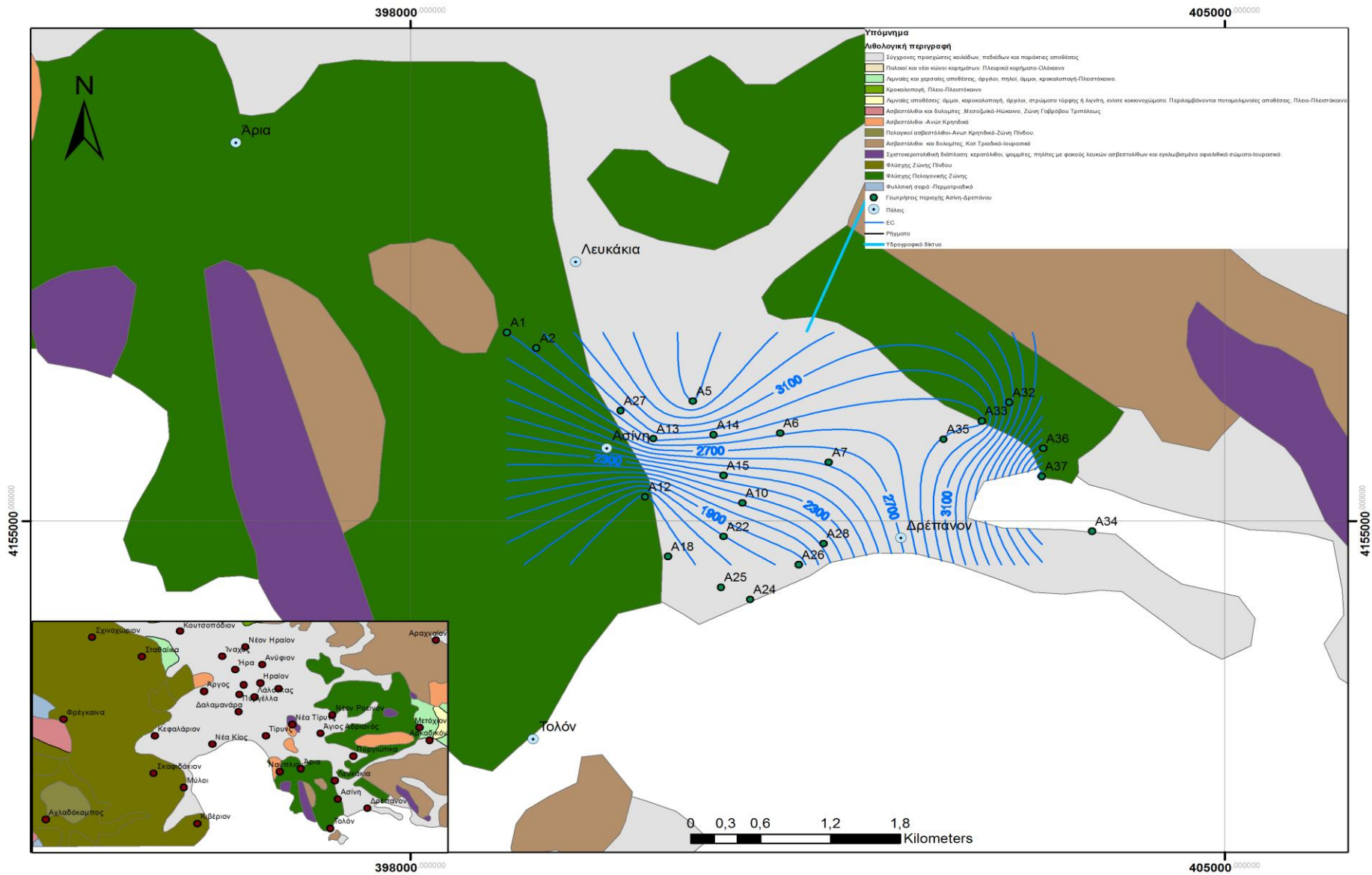
| | | | | | | |
|-----|--------------------|-------------|--------------|------------|-------|--------|
| 170 | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 389599,3663 | 4161608,8058 | 2,63 | 2,1 | 0,53 |
| 174 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389595,5934 | 4163216,9884 | 6,84 | 7,3 | -0,46 |
| 175 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 388990,7347 | 4163637,5060 | 8,68 | 10,6 | -1,92 |
| 177 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384802,8187 | 4168056,6134 | 79,44 | 67,5 | 11,94 |
| 178 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 384014,4307 | 4169337,8333 | 68,31 | 97 | -28,69 |
| 182 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 396240,0690 | 4166454,2545 | 57,25 | 58,4 | -1,15 |
| 192 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 388722,1442 | 4177530,0550 | 123,8 6 | 50,2 | 73,66 |
| 201 | ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ | 388499,9322 | 4173375,9080 | 65,23 | 78,9 | -13,67 |
| 212 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383778,8328 | 4159670,2903 | 45,68 | 39,7 | 5,98 |
| 213 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 383653,8728 | 4158320,6778 | 37,50 | 31,8 | 5,70 |
| 216 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 384957,6626 | 4158369,3849 | 13,91 | 9,9 | 4,01 |
| 218 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 382644,9399 | 4158922,4676 | 73,24 | 67 | 6,24 |
| 219 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 384059,6479 | 4160317,7671 | 38,10 | 32,5 | 5,60 |
| 221 | ΜΥΛΟΙ | 385580,3906 | 4157452,8600 | 17,95 | 14,8 | 3,15 |
| 222 | ΣΚΑΦΙΔΑΚΙ | 384701,1405 | 4158615,6284 | 18,69 | 14,8 | 3,89 |
| 223 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 384729,7185 | 4159765,2143 | 23,31 | 20,8 | 2,51 |
| 224 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385456,4906 | 4160333,5687 | 7,77 | 5 | 2,77 |
| 225 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385514,0000 | 4159359,0000 | 7,30 | 3,8 | 3,50 |
| 226 | ΜΥΛΟΙ | 385740,6933 | 4157964,1002 | 6,07 | 2,8 | 3,27 |
| 228 | ΚΕΦΑΛΑΡΙ | 385075,6336 | 4161711,1739 | 9,01 | 6,8 | 2,21 |
| 229 | ΑΡΓΟΣ | 387280,4043 | 4167117,9842 | 43,45 | 47,9 | -4,45 |
| 230 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 383340,7753 | 4168209,7661 | 89,32 | 78,7 | 10,62 |
| 231 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383174,6016 | 4170952,6860 | 71,69 | 97,4 | -25,71 |
| 232 | ΣΤΑΘΑΙΚΑ | 381494,0178 | 4170390,9087 | 82,75 | 60,2 | 22,55 |
| 233 | ΣΧΙΝΟΧΩΡΙ | 380396,4136 | 4171421,5598 | 103,3 2 | 67,8 | 35,52 |
| 235 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 385995,9197 | 4170166,8052 | 48,76 | 83,6 | -34,84 |
| 236 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386489,5862 | 4169199,5693 | 48,61 | 57,6 | -8,99 |
| 237 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 386634,4021 | 4172180,4486 | 49,48 | 101,4 | -51,92 |
| 239 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 384121,8619 | 4170963,7934 | 63,70 | 98,3 | -34,60 |
| 240 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 383909,3985 | 4171661,6197 | 72,85 | 106,8 | -33,95 |
| 241 | ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙ | 387572,9683 | 4171378,3912 | 45,68 | 93,2 | -47,52 |
| 244 | ΜΥΚΗΝΕΣ | 388401,5479 | 4175474,1328 | 92,16 | 50,3 | 41,86 |
| 246 | ΧΩΝΙΚΑΣ | 391967,0146 | 4170301,9553 | 35,58 | 63,1 | -27,52 |
| 247 | ΙΝΑΧΟΣ | 388917,3213 | 4169424,8634 | 30,02 | 54,6 | -24,58 |
| 249 | ΙΝΑΧΟΣ | 390028,3183 | 4170130,2490 | 30,52 | 65,2 | -34,68 |
| 252 | ΑΝΥΦΙ | 393927,8573 | 4168547,2328 | 32,50 | 48,6 | -16,10 |
| 253 | ΜΑΝΕΣΙ | 395294,5933 | 4169097,6116 | 50,66 | 86 | -35,34 |
| 254 | ΠΛΑΤΑΝΙΤΗΣ | 394099,8562 | 4167041,0750 | 22,72 | 27,7 | -4,98 |
| 256 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 395093,0738 | 4163812,6168 | 22,25 | 22,5 | -0,25 |
| 257 | ΑΡΓΟΛΙΚΟ | 394826,3701 | 4164150,3680 | 19,89 | 21,8 | -1,91 |
| 259 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 396599,2577 | 4162607,6372 | 45,44 | 48 | -2,56 |
| 260 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 397182,4790 | 4162097,4361 | 59,07 | 63,1 | -4,03 |
| 261 | ΑΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ | 399433,5021 | 4162573,4396 | 109,8 2 | 52,3 | 57,52 |
| 266 | ΔΡΕΠΑΝΟ | 402754,4895 | 4155304,3212 | 6,02 | 3,9 | 2,12 |

| | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------|------|--------|
| 268 | ΜΥΛΟΙ | 385816,4645 | 4155449,5522 | 29,13 | 26,8 | 2,33 |
| 270 | ΜΥΛΟΙ | 385240,8075 | 4155129,0342 | 48,36 | 46 | 2,36 |
| 271 | ΚΑΛΑΜΑΚΙ | 384717,4122 | 4154469,4372 | 58,61 | 55,8 | 2,81 |
| 272 | ΣΠΗΛΙΩΤΑΚΙ | 384714,9051 | 4153144,0807 | 38,25 | 36,9 | 1,35 |
| 273 | ΚΙΒΕΡΙ | 386334,4257 | 4153649,0007 | 16,52 | 15,2 | 1,32 |
| 274 | ΚΙΒΕΡΙ | 386890,7834 | 4154497,6911 | 7,40 | 5,5 | 1,90 |
| 277 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 393866,4514 | 4165192,3807 | 12,83 | 15,9 | -3,07 |
| 280 | ΑΝΥΦΙ | 394419,0000 | 4168325,0000 | 31,00 | 45,2 | -14,20 |
| 283 | ΚΛΕΙΣΟΥΡΑ | 394647,0000 | 4171391,0000 | 100,0 | 51,8 | 48,20 |
| 285 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 395335,0000 | 4166308,0000 | 40,00 | 51,8 | -11,80 |
| 286 | ΠΑΝΑΡΙΤΙ | 395561,0000 | 4165758,0000 | 39,00 | 37,2 | 1,80 |
| 288 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394553,0000 | 4165373,0000 | 21,00 | 22,5 | -1,50 |
| 289 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 393124,0000 | 4162685,0000 | 6,00 | 5,1 | 0,90 |
| 502 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395150,2467 | 4160515,0312 | 15,65 | 15,3 | 0,35 |
| 505 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 395247,6707 | 4162582,7572 | 27,47 | 28 | -0,53 |
| 507 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394339,9809 | 4164692,5973 | 17,31 | 18,8 | -1,49 |
| 508 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 394288,6933 | 4164833,4866 | 17,07 | 18,8 | -1,73 |
| 509 | ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ | 395174,1324 | 4166446,6979 | 36,00 | 47,3 | -11,30 |
| 512 | ΑΝΥΦΙ | 392787,2251 | 4168020,9849 | 21,49 | 36,7 | -15,21 |
| 513 | ΗΡΑ | 391032,3176 | 4168613,0435 | 19,42 | 48,3 | -28,88 |
| 514 | ΗΡΑ | 390411,6746 | 4168348,1941 | 21,92 | 48,6 | -26,68 |
| 515 | ΗΡΑ | 390193,7699 | 4167783,9704 | 20,86 | 27,4 | -6,54 |
| 516 | ΗΡΑ | 390198,8723 | 4167496,1409 | 19,59 | 25,2 | -5,61 |
| 517 | ΑΡΓΟΣ | 389559,1764 | 4166752,3117 | 19,66 | 23,5 | -3,84 |
| 518 | ΑΡΓΟΣ | 388955,8171 | 4166533,5761 | 21,97 | 25,9 | -3,93 |
| 519 | ΛΑΛΟΥΚΑΣ | 392080,9231 | 4165846,5038 | 11,54 | 12,1 | -0,56 |
| 521 | ΝΕΑ ΤΙΡΥΝΘΑ | 394102,8690 | 4160294,6791 | 4,28 | 3,3 | 0,98 |
| 602 | ΑΡΓΟΣ | 386733,2646 | 4163575,9892 | 3,94 | 3,8 | 0,14 |
| 604 | ΑΡΓΟΣ | 387907,4792 | 4163916,1045 | 7,59 | 7,3 | 0,29 |
| Β(Π8) | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392733,9418 | 4161567,7104 | 2,63 | 2,4 | 0,23 |
| Ν2 (291) | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 392342,0000 | 4161582,0000 | 3,30 | 2,2 | 1,10 |
| Ν3 (292) | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 391012,0000 | 4161627,0000 | 2,80 | 0,9 | 1,90 |
| Ν4 (293) | ΝΕΑ ΚΙΟΣ | 389914,0000 | 4161586,0000 | 3,00 | 1,7 | 1,30 |
| Ε1 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389823,0943 | 4162572,6863 | 5,46 | 5,8 | -0,34 |
| Ε2 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 389827,0929 | 4162545,4046 | 5,52 | 5,9 | -0,38 |
| Ε4 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 390972,1171 | 4162114,4916 | 3,39 | 3,7 | -0,31 |
| Ε5 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 391281,0113 | 4161997,4703 | 3,24 | 2,4 | 0,84 |
| Ε8 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392961,4240 | 4161776,1135 | 4,22 | 3,8 | 0,42 |
| Ε9 | ΔΑΛΑΜΑΝΑΡΑ | 392969,9400 | 4161776,3035 | 4,26 | 3,9 | 0,36 |

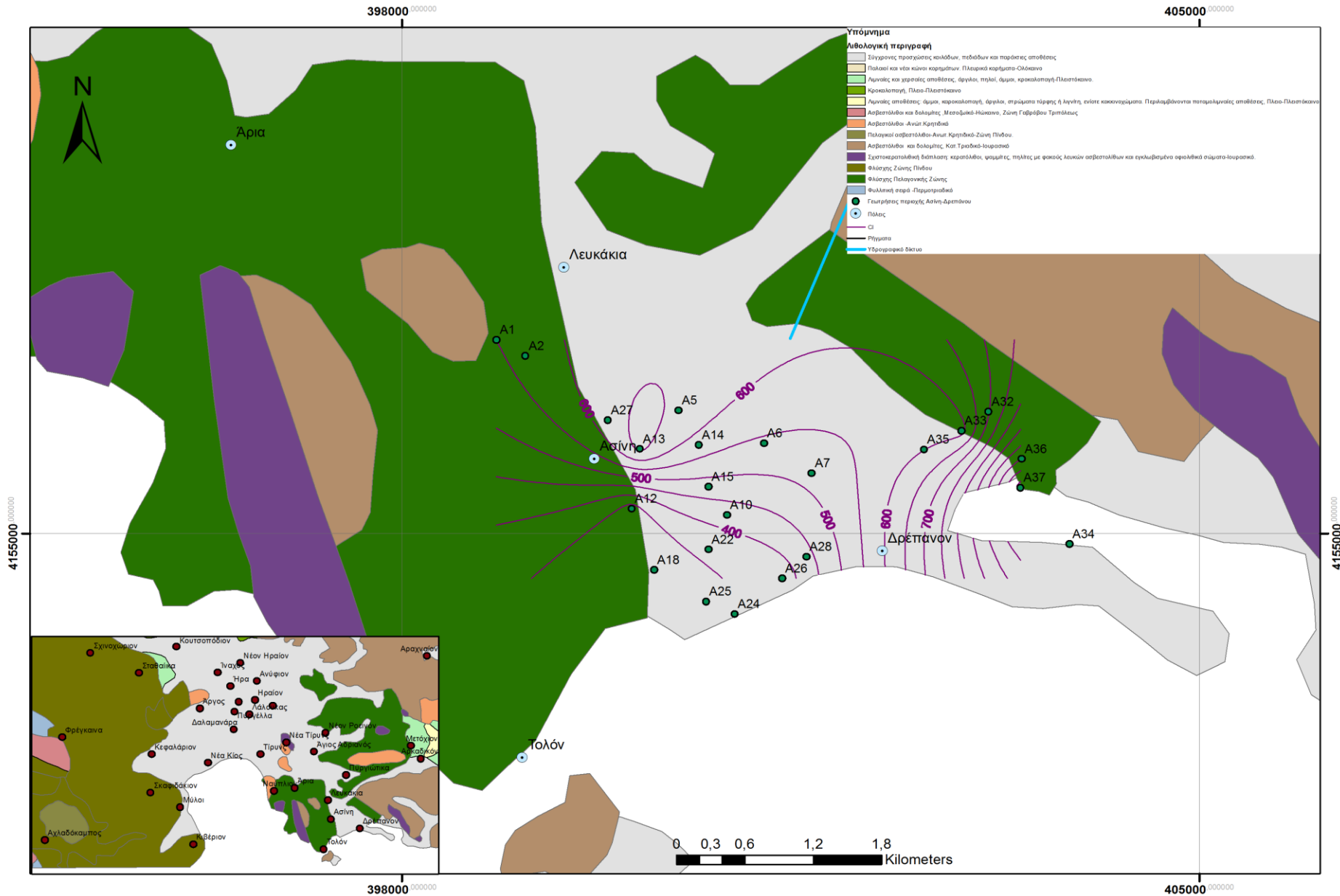
Πιεζομετρία 2010



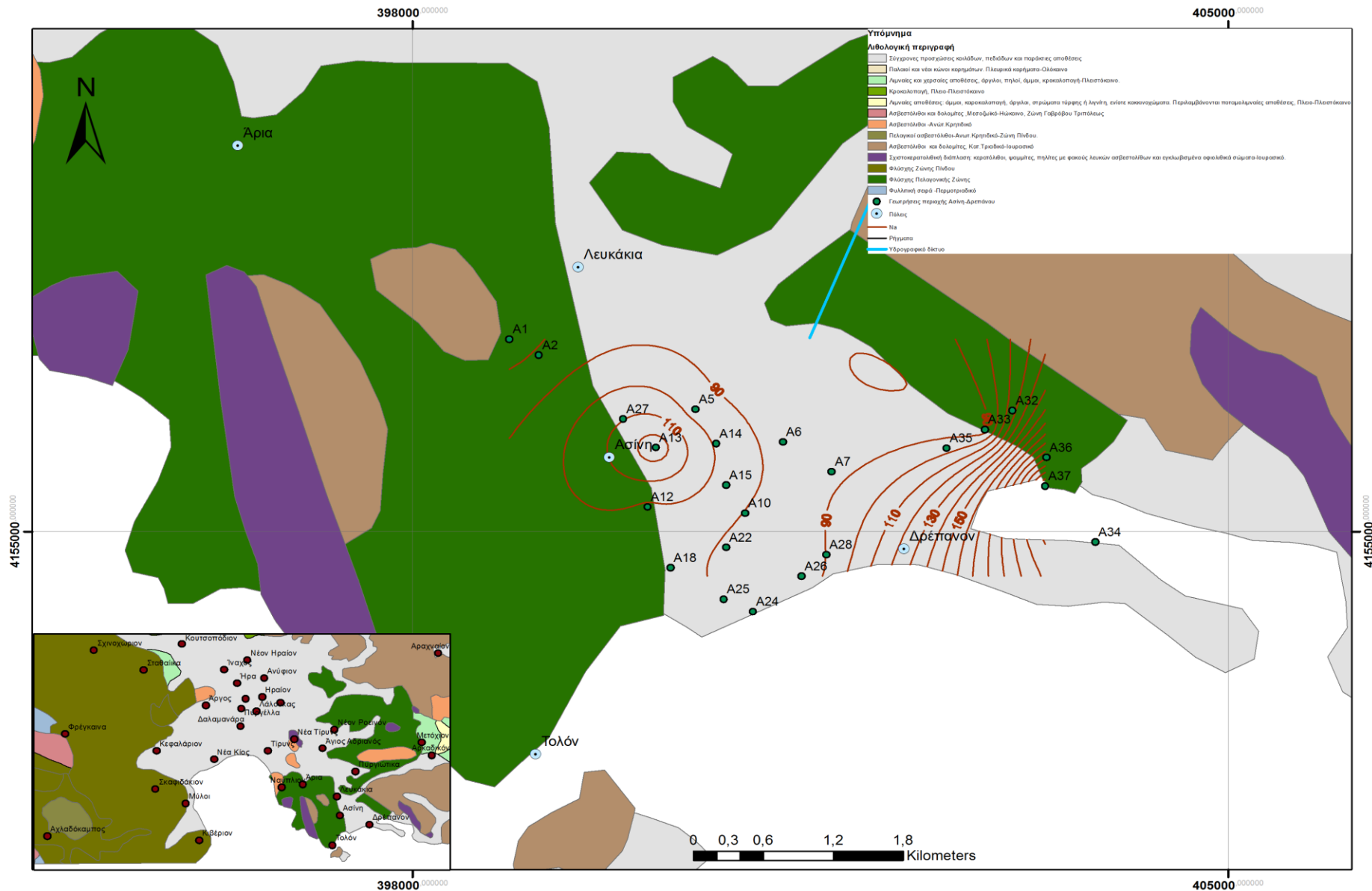
Χάρτης κατανομής της οξύτητας pH



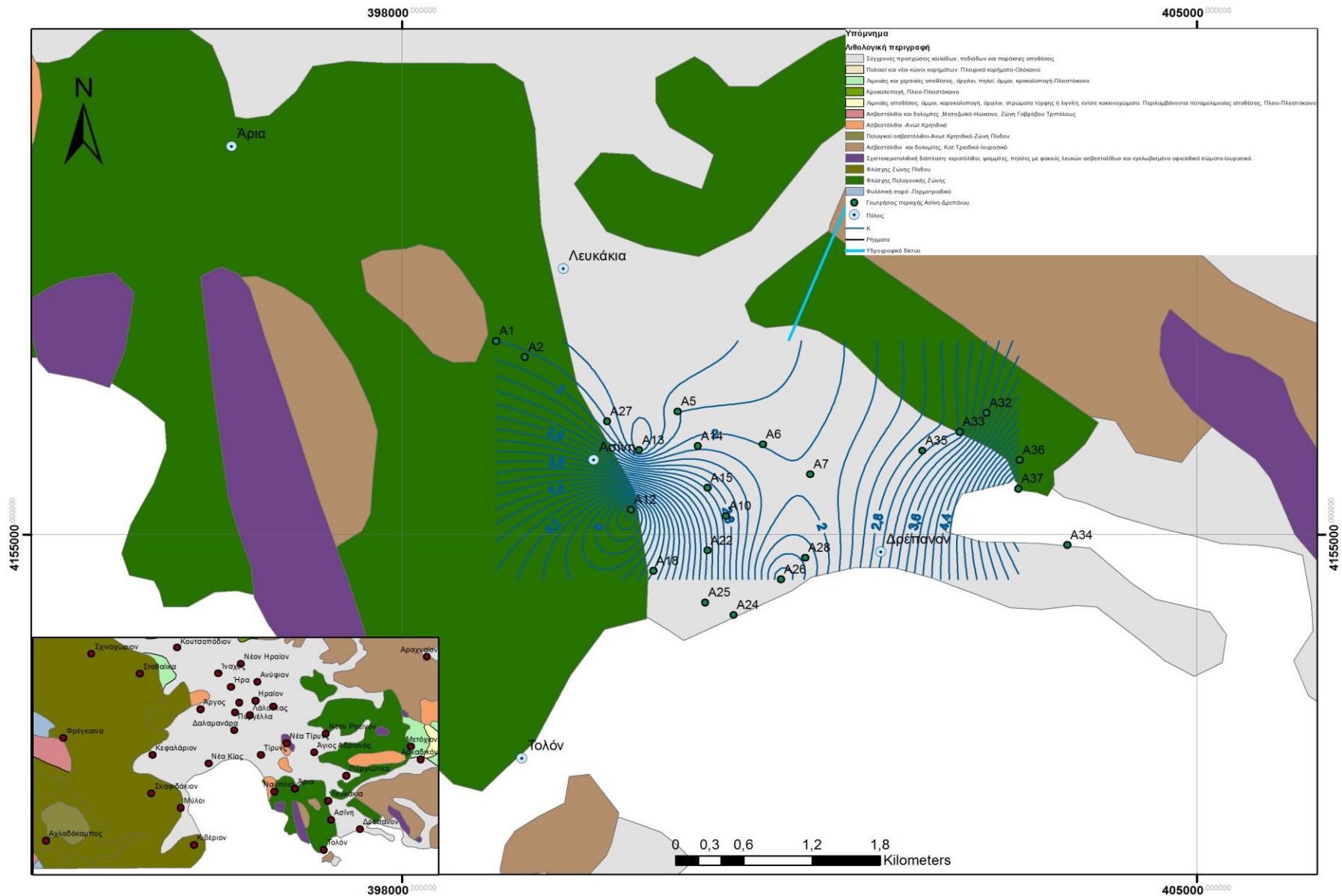
Χάρτης κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC



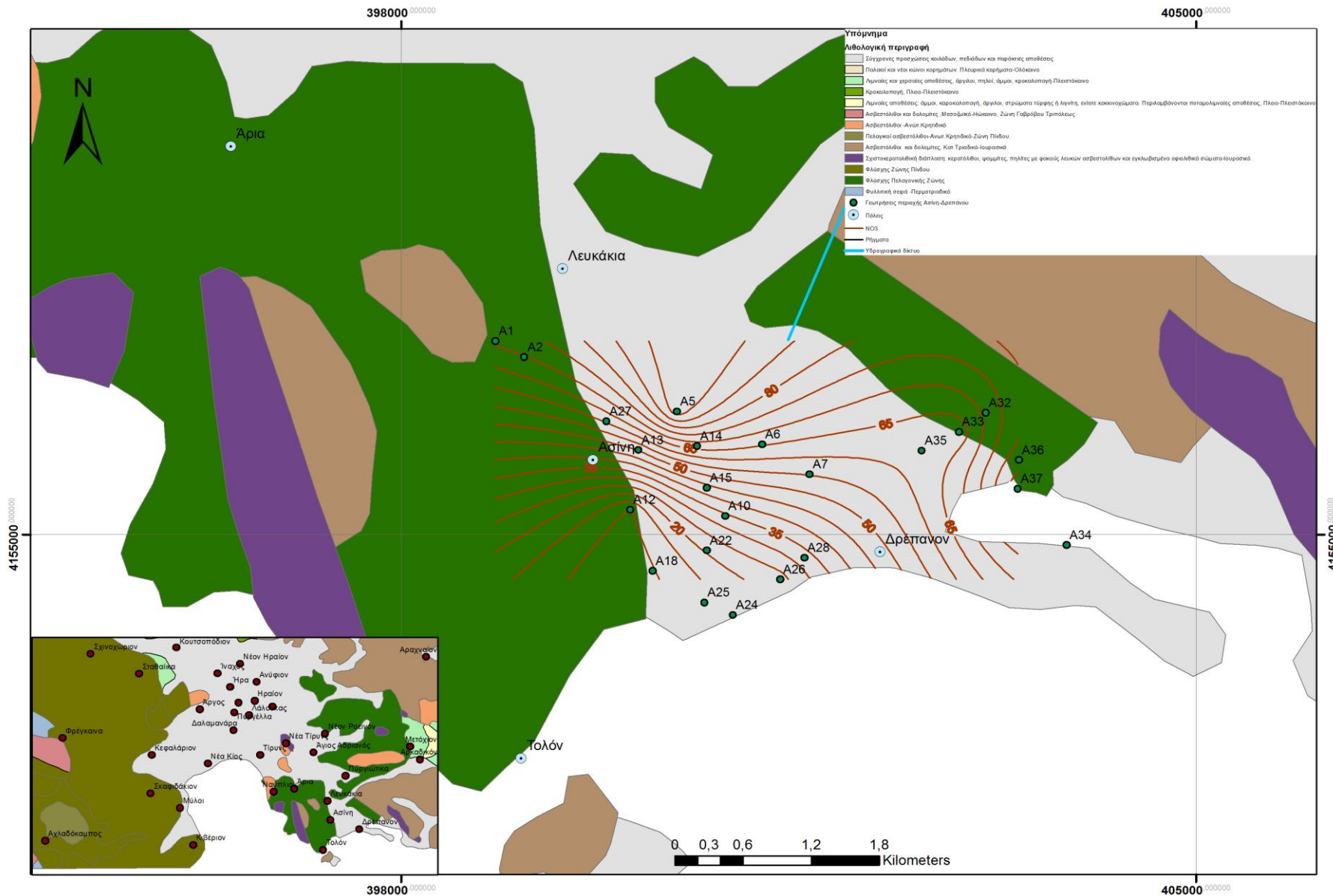
Χάρτης κατανομής χλωριόντων Cl⁻



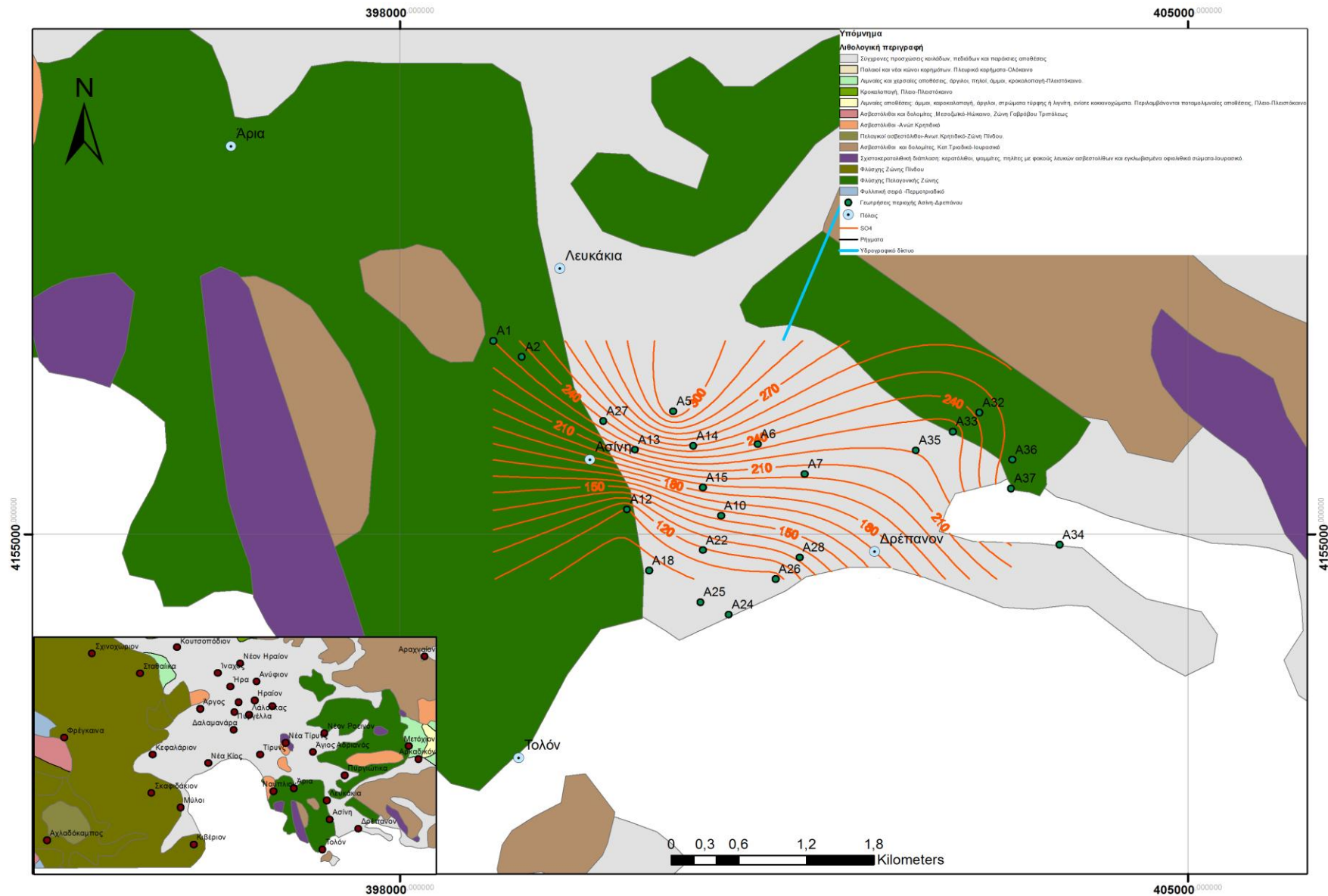
Χάρτης κατανομής κατιόντων Na⁺



Χάρτης κατανομής κατιόντων K⁺



Χάρτης κατανομής νιτρικών ιόντων NO₃⁻



Χάρτης κατανομής θειικών ιόντων SO₄²⁻



Εικόνα 1.1: Δειγματολήπτης νερού από γεωτρήσεις και πηγάδια



Εικόνα 1.2: Δειγματολήπτης νερού από γεωτρήσεις και πηγάδια



Εικόνα 2: Σταθμήμετρο (με πατέντα στην άκρη ώστε να μην κολλάει στο στόμιο της γεωτρησης)



Εικόνα 3.1: Μπουκάλια συλλογής νερού για χημική ανάλυση με αρίθμηση



Εικόνα 3.2: Μπουκάλια συλλογής νερού για χημική ανάλυση με αρίθμηση



Εικόνα 3.3: Σταθμήμετρο, Δοχείο συλλογής νερού, μπουκάλια



Είσοδος
σταθμήμετρου
για την
καταγραφή της
στάθμης

Εικόνα 4.1: Εξωτερική όψη γεώτρησης

Διακόπτης
On - Off



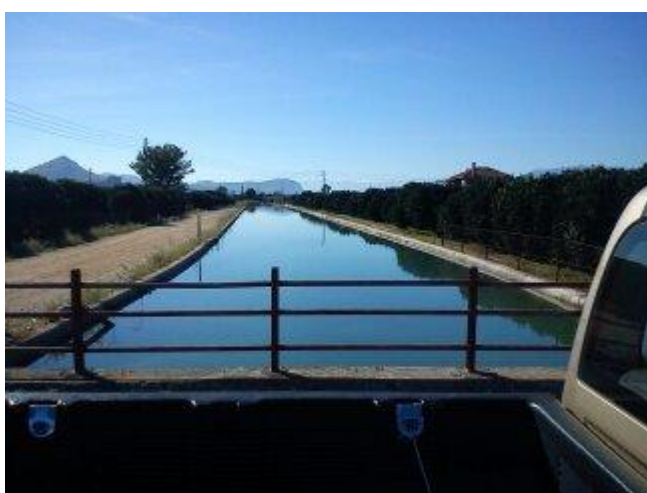
Εικόνα 4.2: Κουτί γεώτρησης (παροχή ρεύματος)



Εικόνα 4.3: Γεώτρηση σε λειτουργία



Εικόνα 5.1: Αρδευτικό δίκτυο (ανοιχτό)



Εικόνα 5.2: Αρδευτικό δίκτυο (ανοιχτό)



Εικόνα 5.2: Ψάρεμα κυπρίνων στο αρδευτικό δίκτυο (ανοιχτό)



Εικόνα 5.3: Συγκέντρωση υδροχαρών φυτών στο αρδευτικό δίκτυο (ανοιχτό)



Εικόνα 5.4: Σύστημα ΑΒΥΣ στο αρδευτικό δίκτυο (ανοιχτό) (εκεί όπου έχουμε στένωση του δικτύου ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα του νερού)



Γεώτρηση
εμπλουτισμού

Εικόνα 6: Γεώτρηση εμπλουτισμού



Εικόνα 7: Θυρόγραμα στην διώρυγα αναβάλου και Κίου



Εικόνα 8.1: Διώρυγα Αναβάλου (τα νερά πηγαίνουν προς Κεφαλάρι με ελεύθερη ροή)



Εικόνα 8.2: Διώρυγα Αναβάλου (Χώρος συγκέντρωσης των νερών που έρχονται από τον Ανάβαλο μέσω αντλιοστασίου – από αυτό το σημείο και μετά μέχρι το κεφαλάρι τα νερά κινούνται με την βαρύτητα)



Εικόνα 8.3: Διώρυγα Αναβάλου (Χώρος συγκέντρωσης των νερών που έρχονται από τον Ανάβαλο μέσω αντλιοστασίου – από αυτό το σημείο και μετά μέχρι το κεφαλάρι τα νερά κινούνται με την βαρύτητα)



Εικόνα 8.4: Διώρυγα Αναβάλου (Χώρος συγκέντρωσης των νερών που έρχονται από τον Ανάβαλο μέσω αντλιοστασίου – από αυτό το σημείο και μετά μέχρι το κεφαλάρι τα νερά κινούνται με την βαρύτητα)



Εικόνα 9.1: Πηγή Αναβάλου



Εικόνα 9.2: Φράγμα Αναβάλου



Εικόνα 9.3: Φράγμα Αναβάλου



Εικόνα 9.4: Φράγμα Αναβάλου (αντίθετη λήψη)



Εικόνα 9.5: Φράγμα Αναβάλου (βλέπουμε ότι από κάτω είναι κούφιο)



Εικόνα 9.6: Φράγμα Αναβάλου (βλέπουμε ότι από κάτω είναι κούφιο)



Εικόνα 9.7: Μηχανές αντλιοστασίου (εσωτερικός χώρος στον Ανάβαλο)



Εικόνα 9.8: Μηχανές αντλιοστασίου (εσωτερικός χώρος στον Ανάβαλο)



Εικόνα 9.9: Πίνακες (εσωτερικός χώρος στον Ανάβαλο)



Εικόνα 9.10: Αγωγός μεταφοράς νερού από τον Ανάβαλο



Εικόνα 9.11: Πανοραμική λήψη φράγματος Αναβάλου



Εικόνα 9.12: Θυρόφραγμα ηλεκτρονικό στον Ανάβαλο



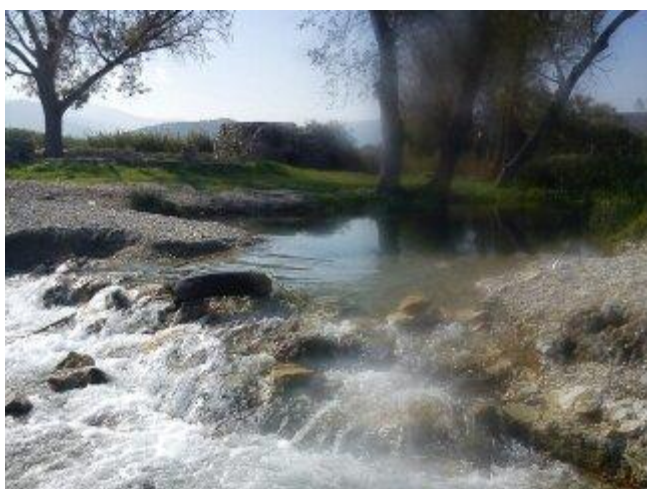
Εικόνα 9.13: Ηλεκτρονικός μετρητής χλωριών και κυματισμών της θάλασσας (μέτρηση υψομετρικής διαφοράς νερού θάλασσας και πηγής)



Εικόνα 10.1: Πηγή Λέρνης



Εικόνα 10.2: Αντλιοστάσιο Λέρνης (πηγή ύδρευσης πόλης Άργους και Ναυπλίου)



Εικόνα 10.3: Εκφόρτιση πηγής (Λέρνη) στην θάλασσα



Εικόνα 10.4: Εκφόρτιση πηγής (Λέρνη) στην θάλασσα



Εικόνα 11.1: Πηγή Κεφαλαρίου



Εικόνα 11.2: Πηγή Κεφαλαρίου



Εικόνα 11.3: Κατασκευασμένο πιεζόμετρο (Πηγή Κεφαλαρίου)



Εικόνα 12.1: Πολυπαραμετρικό όργανο μέτρησης ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, θερμοκρασίας και pH



Εικόνα 12.2: Φασματογράφος (υπολογισμός με κατάλληλα αντιδραστήρια θειικών και νιτρικών ιόντων)



Εικόνα 12.3: Πιπέτα (ακριβή δειγματοληψία και διανομή υγρών όγκων)



Εικόνα 12.4: Αντιδραστήρια



Εικόνα 12.5: Επί τω έργω