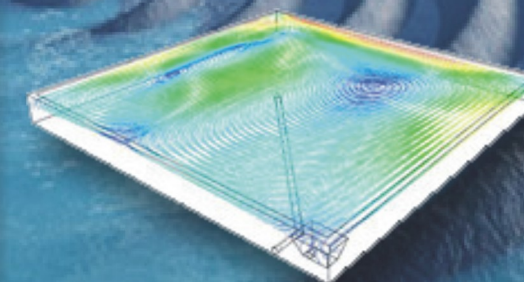




Διπλωματική Εργασία
Έλεγχος ποιότητας νερού & πιεζομετρία της περιοχής
Σουρωτή - Βασιλικά



ΖΑΜΠΟΥΡ ΓΙΑΝΝΗΣ
Α.Ε.Μ. 3700

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΛΕΚΤΟΡΑΣ

Ζαμπούρ Γιάννης Έλεγχος ποιότητας νερού & πιεζομετρία της περιοχής Σουρωτή - Βασιλικά



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

Διπλωματική Εργασία Έλεγχος ποιότητας νερού & πιεζομετρία της περιοχής Σουρωτή – Βασιλικά

Θεσσαλονίκη 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.3
1.α . σκοπός της μελέτης	σελ.3
1.β. εργασίες που έγιναν για την πραγματοποίηση της μελέτης	σελ.3
Κεφάλαιο 2. ΘΕΣΗ-ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	σελ.5
Κεφάλαιο 3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	σελ.11
3.α .1. γενικά για την λεκάνη του Ανθεμούντα	σελ.11
3.α .2.γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.....	σελ.12
3.β υδρογραφικό δίκτυο.....	σελ.12
3.γ. επιφανειακή απορροή.....	σελ.13
Κεφάλαιο 4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	σελ.14
4.α . λιθοστρωματογραφία.....	σελ.14
4.α .1. ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη.....	σελ.14
4.β. ιζήματα.....	σελ.15
4.γ.σχηματισμοί του υποβάθρου.....	σελ.16
4.δ. στρωματογραφική στήλη της περιοχής μελέτης.....	σελ.17
4.ε.τεκτονική δομή.....	σελ.17
4.στ. γεωτεκτονική θέση και παλαιογεωγραφία.....	σελ.18
4.στ.1.γενικά.....	σελ.18
4.στ.2.παλαιογεωγραφία της περιοχής της μελέτης.....	σελ.19
Κεφάλαιο 5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	σελ.20
5.α . υδρογεωλογικά στοιχεία.....	σελ.20
5.β. μετρήσεις στάθμης του υπόγειου νερού.....	σελ.24
5.γ. υδραυλική κλίση.....	σελ.25
Κεφάλαιο 6. ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ	σελ.27
6.α. ποιότητα των υπόγειων νερών.....	σελ.27
6.α.1. μέθοδος των χημικών αναλύσεων.....	σελ.27
6.α.2. αποτελέσματα χημικών αναλύσεων.....	σελ.29
6.β. διάγραμμα PIPER.....	σελ.43
6.γ.διάγραμμα DUROV.....	σελ.44
6.δ. ημιλογαριθμικό διάγραμμα SCHOELLER.....	σελ.45
6.ε ιοντικοί λόγοι	σελ.50
Κεφάλαιο 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ.53
Κεφάλαιο 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ.56

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον Μάιο του 2007 μου ανατέθηκε από το Λέκτορα κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη η παρακάτω διπλωματική εργασία με σκοπό τη μελέτη της ποιότητας του νερού και την πιεζομετρία, σε τμήμα της λεκάνης του Ανθεμούντα, μεταξύ των Δημοτικών Διαμερισμάτων Σουρωτή-Βασιλικά του νομού Θεσσαλονίκης.

1.α. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η υδρογεωλογική μελέτη στην εξεταζόμενη περιοχή έχει ως βασικό σκοπό να προσδιορίσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού, σε διαφορετικές θέσεις ενός κομματιού της λεκάνης του Ανθεμούντα. Επίσης προσδιορίζει και το επίπεδο της στάθμης. Στόχος της μελέτης αυτής είναι η βέλτιστη αξιοποίηση των υδατικών πόρων και η διαχείριση τους για τη βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής που χαρακτηρίζεται από αύξηση πληθυσμού και εντατική γεωργία.

1.β. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΓΙΝΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ

ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Για τη μελέτη της περιοχής έγιναν οι παρακάτω εργασίες:

α) Κατά την περίοδο Σεπτεμβρίου – Οκτωβρίου 2007 και με τη βοήθεια χαρτών κλίμακας 1:10.000 έγινε ο εντοπισμός των παραγωγικών γεωτρήσεων της περιοχής μελέτης της λεκάνης του Ανθεμούντα, η οποία βρίσκεται ανάμεσα στα Δημοτικά Διαμερίσματα Σουρωτή και Βασιλικά. Από αυτές τις γεωτρήσεις επιλέχθηκαν οι εννέα απ' τις οποίες έγινε η δειγματοληψία των υπόγειων νερών. Στην προσπάθεια τήρησης των κανόνων δειγματοληψίας υπόγειου νερού, τα δείγματα προήλθαν από γεωτρήσεις που ήταν αντιπροσωπευτικές της περιοχής που μελετάται, αφού κάλυπταν όλους τους γεωλογικούς σχηματισμούς που φιλοξενούν υδροφόρους ορίζοντες. Στόχος ήταν να μπορεί να γίνει σύγκριση της ποιότητας νερού για κάθε σημείο της περιοχής. Το νερό των δειγμάτων ήταν φρέσκο, αφού η δειγματοληψία έγινε μετά από άντληση της γεώτρησης για ικανοποιητικό χρόνο (τουλάχιστον μίας ώρας), έτσι ώστε το νερό να έχει ανανεωθεί. Η συλλογή του νερού έγινε σε φιάλες 11/2 λίτρου, αφού πρώτα ξεπλύθηκαν καλά με το ίδιο το νερό της γεώτρησης που θα αναλυθεί. Τα δείγματα, μέχρι να μεταφερθούν στο εργαστήριο, φυλάχτηκαν σε ψυγείο με θερμοκρασία 4°C έτσι ώστε να επιτύχουμε την αναστολή ανεπιθύμητων βιολογικών και χημικών αντιδράσεων. Η διαδικασία αυτή έγινε στα τέλη του Οκτώβρη 2007. Κατά τη

δειγματοληψία έγινε επιτόπου μέτρηση της αγωγιμότητας και του pH. Ο προσδιορισμός της ποιότητας του νερού έγινε στο εργαστήριο της Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ. Οι θέσεις αυτών των γεωτρήσεων δίνονται στο χάρτη 3 και είναι οι γεωτρήσεις G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9 και G10.

β) Από τις παραπάνω εννιά γεωτρήσεις δειγματοληψίας νερού επιλέχθηκαν οι πέντε, από τις οποίες μετρήθηκε η στάθμη του υπόγειου νερού στα τέλη του Οκτώβρη 2007. Επίσης για τη μέτρηση της στάθμης χρησιμοποιήθηκε μία επιπλέον γεώτρηση, η G6, από την οποία δεν ήταν δυνατόν να γίνει δειγματοληψία. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με τη βοήθεια σταθμήμετρου. Οι γεωτρήσεις από τις οποίες μετρήθηκε η στάθμη είναι οι G2, G5, G6, G8, G9, G10. Οι θέσεις αυτών των έξι γεωτρήσεων φαίνονται στο χάρτη 4.

γ) Στις αρχές Νοεμβρίου 2007 πραγματοποιήθηκαν οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων μέσα στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ. Μετρήθηκαν οι ποσότητες των κατιόντων του ασβεστίου, του μαγνησίου, του νατρίου και του καλίου και των ανιόντων των όξινων ανθρακικών, του χλωρίου, των θεικών και των νιτρικών στοιχεία από τα οποία μπορούμε να συμπεράνουμε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων (πίνακας 4) θεωρούνται αξιόπιστα, αφού ο χρόνος που μεσολάβησε μεταξύ δειγματοληψίας και χημικής ανάλυσης είναι μικρός και υπολογίσθηκε το σφάλμα ιόντων που βρέθηκε < 5%.

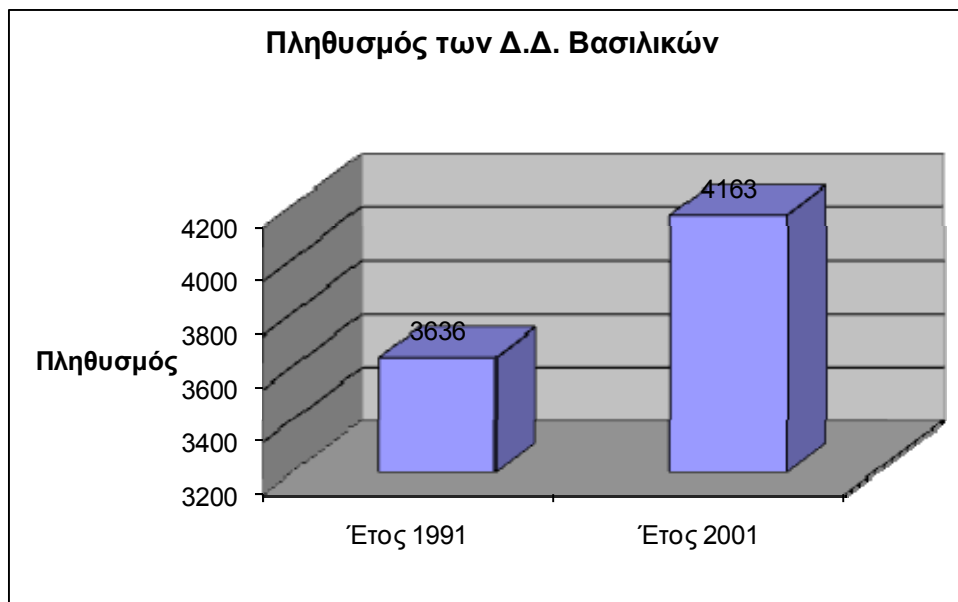
Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για τη βοήθεια στη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας τους:

Το Λέκτορα κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη που μου ανέθεσε αυτήν τη διπλωματική εργασία και με καθοδήγησε κατά τη διάρκεια της συγγραφής της.

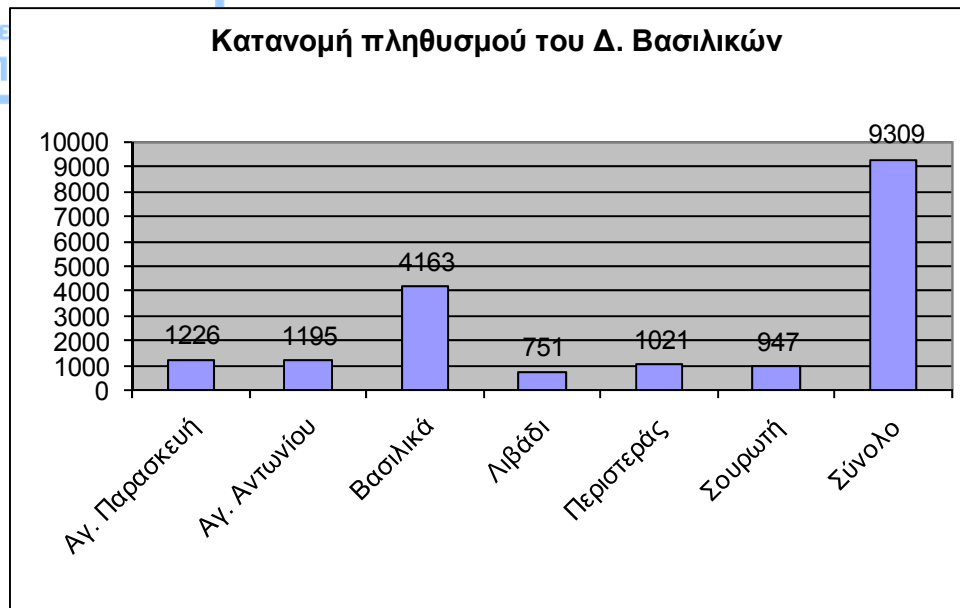
Τον κ. Μιχάλη Σωτηριάδη και τον κ. Τριαντάφυλλο Κακλή, οι οποίοι με βοήθησαν κατά την πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων.

2. ΘΕΣΗ – ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η περιοχή μελέτης είναι μια πεδινή περιοχή με εμβαδόν 8 km². Βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του νομού Θεσσαλονίκης. Η περιοχή εκτείνεται ανατολικά του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης. Δυτικά γειτνιάζει με τον νομό Χαλκιδικής. Η περιοχή αποτελεί κομμάτι της λεκάνης του ποταμού Ανθεμούντα από τον οποίο αποστραγγίζεται. Διοικητικά, πριν το 2001 ανήκε στον Δήμο Θέρμης του νομού Θεσσαλονίκης. Μετρήσεις οι οποίες έγιναν το 1991 έδειξαν ότι τα Βασιλικά είχαν πληθυσμό 3636 κατοίκους. Μετά τη θέσπιση του σχεδίου «Καποδίστριας», τα Βασιλικά ονομάστηκαν αυτόνομος Δήμος και η μέτρηση των κατοίκων το 2001 έδειξε ότι στα Βασιλικά διαμένουν 4163 κάτοικοι. Ποιο συγκεκριμένα κατά τη μέτρηση του πληθυσμού στους Δήμους της Ελλάδος του 2001, ο Δήμος Βασιλικών περιλαμβάνει τα παρακάτω Δημοτικά διαμερίσματα: α) Αγίας Παρασκευής, 1226 κάτοικοι, β) Αγίου Αντωνίου, 1195 κάτοικοι, γ) Βασιλικών (έδρα), 4163 κάτοικοι, δ) Λιβαδιού, 751 κάτοικοι, ε) Περιστεράς, 1021 κάτοικοι, στ) Σουρωτή, 947 κάτοικοι. Το σύνολο των κατοίκων του Δήμου Βασιλικών ανέρχεται στους 9309 κατοίκους. Γεωγραφικά ο Δήμος Βασιλικών εντάσσεται στη χερσόνησο της Χαλκιδικής (σχήματα 1 και 2).

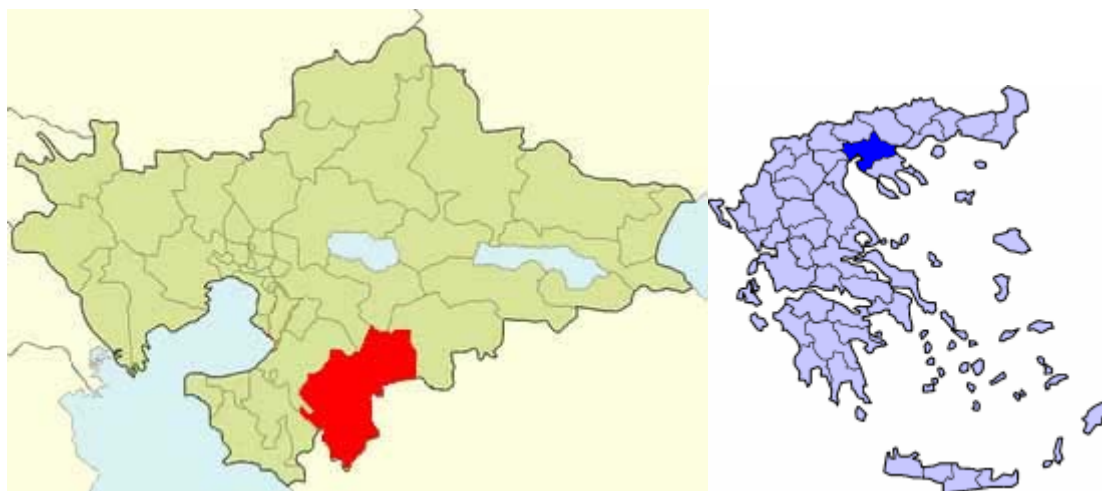


Σχήμα 1. Ραβδογράμματα μεταβολής πληθυσμού του Δημοτικού Διαμερίσματος των Βασιλικών από το 1991 έως το 2001



Σχήμα 2. Κατανομή πληθυσμού του Δήμου Βασιλικών με βάση την απογραφή του 2001

Η υπό μελέτη περιοχή η οποία βρίσκεται στην περιφερειακή ζώνη της Θεσσαλονίκης παρουσιάζει έντονη αναπτυξιακή σε σχέση με το πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης.

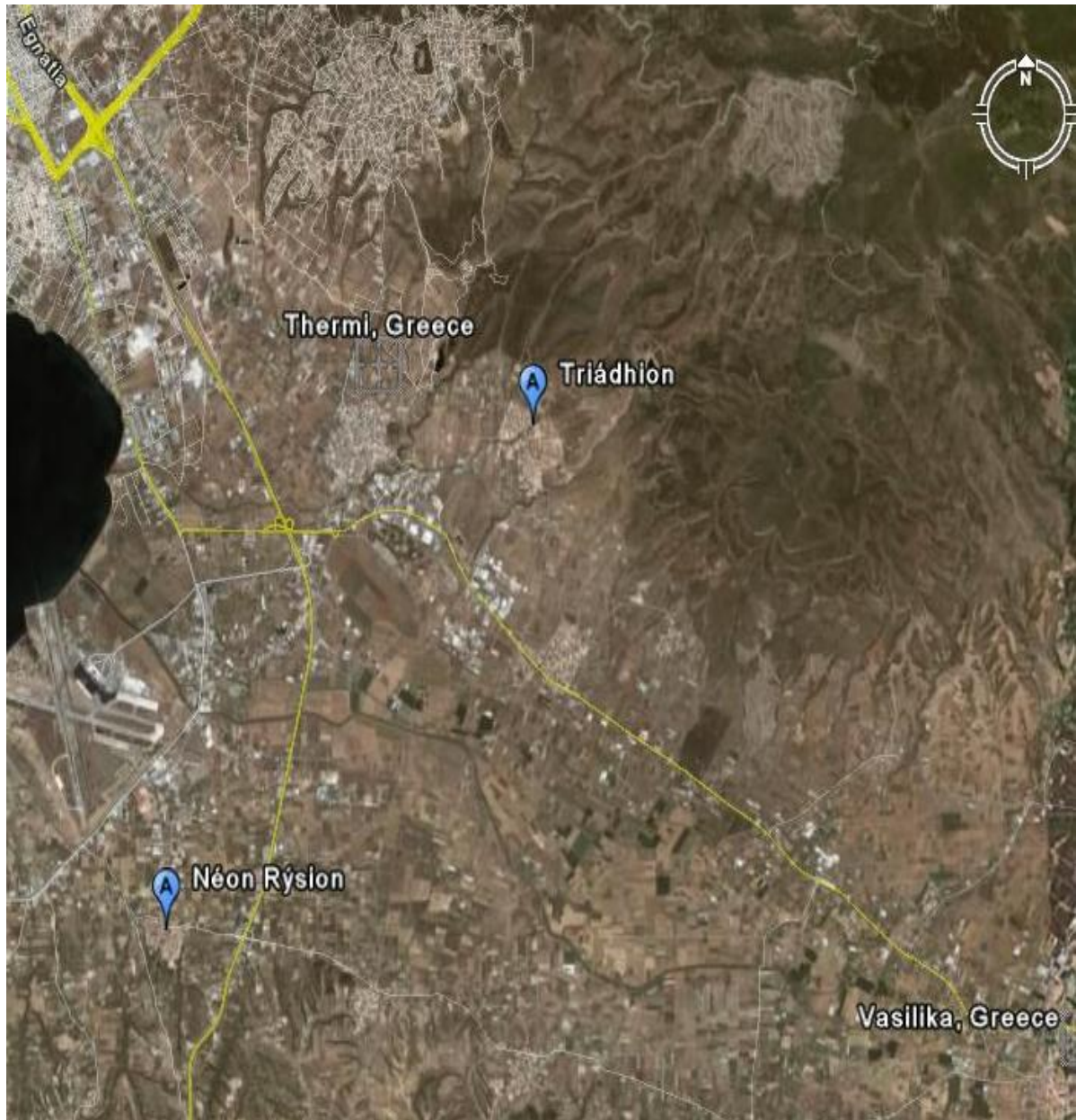


Σχήμα 3. Χάρτης προσανατολισμού Δήμος Βασιλικών / Νομός Θεσσαλονίκης / Ελλάδα

Είναι μια δυναμική περιοχή η οποία συγκεντρώνει πολλά και διαφορετικά αναπτυξιακά χαρακτηριστικά: α) έχει αναπτυχθεί ως χώρος οικιστικής επέκτασης του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης, β) έχει ανεπτυγμένη περιφερειακή γεωργία, γ) λειτουργεί ως πόλος εγκατάστασης βιομηχανίας και βιοτεχνίας και δ) στα όρια της εγκαθίστανται σύγχρονες υπηρεσίες υψηλής εξειδίκευσης.

Πιο συγκεκριμένα:

1. Η τάση ανάπτυξης της περιοχής ως χώρος μόνιμης κατοικίας είναι αυξητική. Κύριος πόλος οικιστικής ανάπτυξης εξελίσσονται τα Δημοτικά Διαμερίσματα Σουρωτής, Ταγαράδων και Νέου Ρυσίου.



Χάρτης 1. Δορυφορική λήψη ευρύτερης περιοχής από Google Earth.

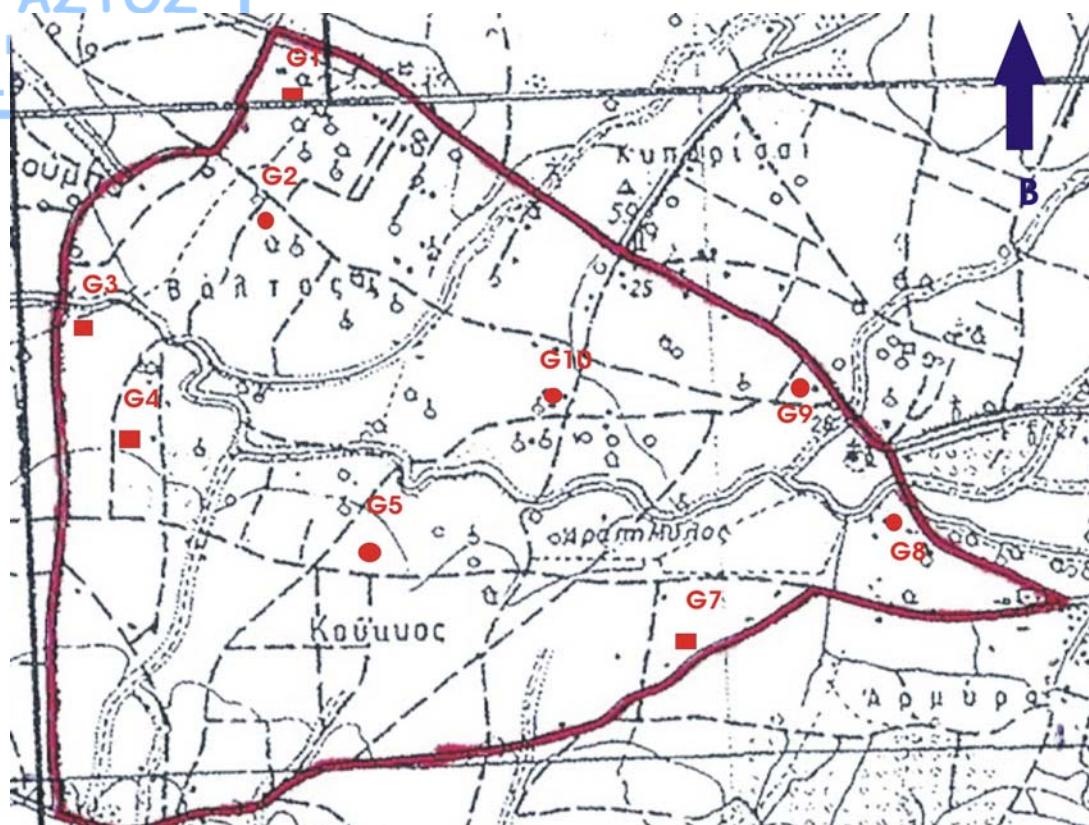
2. Αγροτική περιοχή με ιδιαίτερα αξιόλογη δραστηριότητα είναι η κοινότητα Βασιλικών με ανεπτυγμένη την περιαστική γεωργία. Αγροτικές περιοχές είναι επίσης η περιοχή της Σουρωτής, ενώ ζώνες θερμοκηπίων εντοπίζονται στις περιοχές Θέρμη – Ταγαράδων – Βασιλικών και Ν. Ρυσίου.



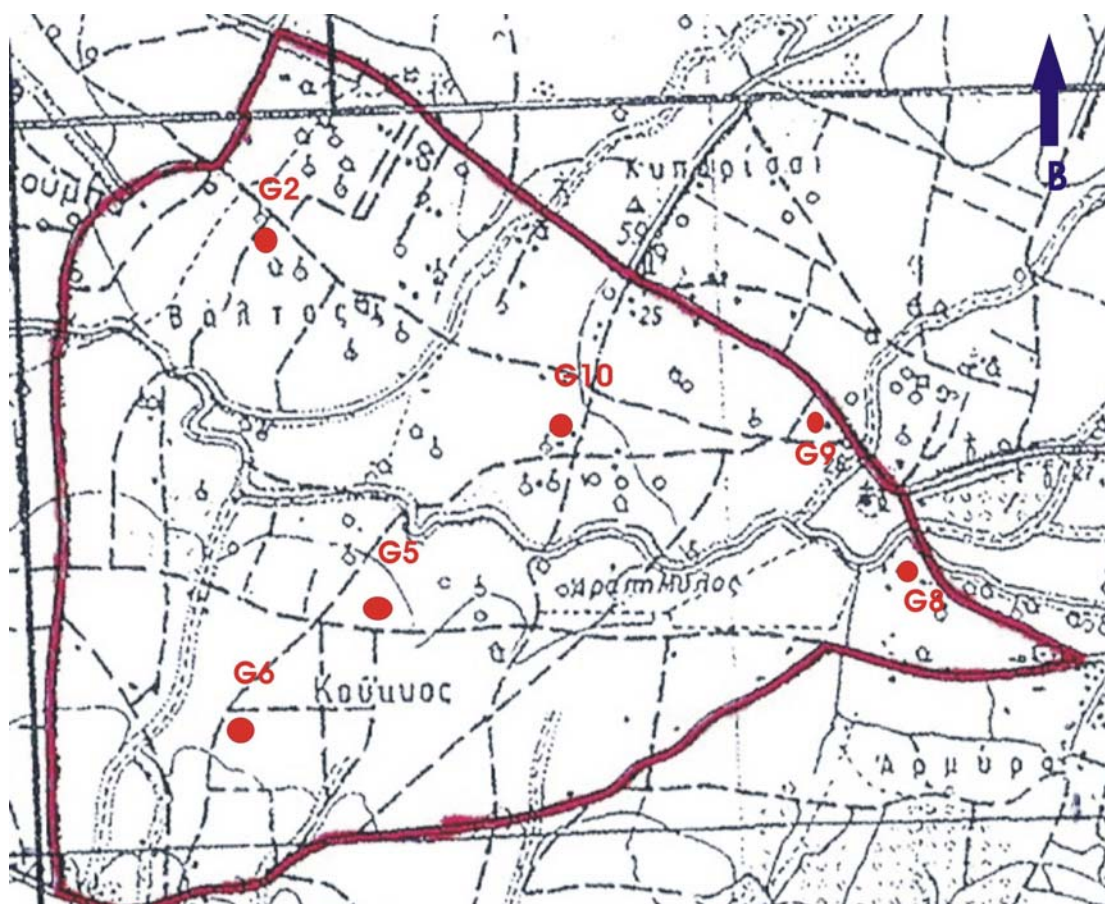
3. Σημαντικό πολιτιστικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι κοινότητες Βασιλικών, Περιστεράς και Δήμου Θέρμης.

4. Κοντά στην υπό μελέτη περιοχή βρίσκονται το αεροδρόμιο της Θεσσαλονίκης, το καζίνο Θεσσαλονίκης, πολλοί εκπαιδευτικοί οργανισμοί, καθώς και άλλες υπηρεσίες υψηλής εξειδίκευσης.

Χάρτης 2. Όρια της περιοχής μελέτης.



Χάρτης 3. Θέση γεωτρήσεων συλλογής δειγμάτων στην περιοχή μελέτης.



Χάρτης 4. Θέση γεωτρήσεων μέτρησης βάθους υπόγειας στάθμης στην περιοχή μελέτης.

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.α.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΑΝΘΕΜΟΥΝΤΑ

Η κοιλάδα του Ανθεμούντα που οριοθετείται από τον υδροκρίτη της επιφάνειας απορροής, βρίσκεται ανατολικά της Θεσσαλονίκης και η συνολική επιφάνεια της ανέρχεται σε 428 Km². Παρουσιάζει σχήμα επιμήκους ισοσκελούς τριγώνου με βάση την ακτή του Θερμαϊκού κόλπου και κορυφή το χωριό Βάβδος. Η τριγωνική επιφάνεια της οποίας ο άξονας διευθύνεται από Δυτικά προς Ανατολικά με μήκος 30 Km περίπου, διακρίνεται σε τρία τμήματα:

1. Το κατώτερο (Δυτικό), που έρχεται σε επαφή με τον κόλπο του Θερμαϊκού, με μέσο πλάτος περίπου 8 Km.
2. Το μεσαίο, που περιλαμβάνεται μεταξύ των Λουτρών Θέρμης και της Σουρωτής, με μέσο πλάτος περίπου 4 Km.
3. Το ανώτερο (Ανατολικό), που είναι κατά πολύ στενότερο των προηγούμενων και φτάνει μέχρι την περιοχή της Γαλάτιστας.

Βόρεια της Λεκάνης βρίσκεται ο ορεινός όγκος του Χορτιάτη (ύψος 1200 m), νότια η λοφοσειρά της Αγίας Παρασκευής – Σουρωτής – Μονοπηγαδίου και Ανατολικά οι δυο σειρές συγκλίνουν και σχηματίζουν το ορεινό τόξο Γαλάτιστας – Βάβδου. Στα Δυτικά έρχεται σε επαφή με τον κόλπο του Θερμαϊκού.

Τη κοιλάδα διασχίζει ο ποταμός Ανθεμούντας, ο οποίος καταλήγει στον κόλπο του Θερμαϊκού.

Η μορφολογία της περιοχής ποικίλλει. Αποτελείται από διαφορετικές μορφολογικές ενότητες των οποίων η μορφογένεση στηρίζεται στη διαφορετική λιθολογία και τεκτονική. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης η μορφολογία παρουσιάζεται ήπια με ελαφρές κυματώσεις της επιφάνειας. Στο Βόρειο και νότιο τμήμα παρουσιάζεται ανώμαλη μορφολογία με πυκνό δίκτυο βαθιών και στενών κοιλάδων. Το δίκτυο των κοιλάδων εξαρτάται κυρίως από τη λιθολογική σύσταση. Η Νότια πλευρά της κοιλάδας είναι περισσότερο λοφώδης από τη βόρεια γιατί τα ρέματα έχουν μικρότερη κλίση και η απόσταση της κοίτης του Ανθεμούντα ποταμού από τον υδροκρίτη είναι μικρότερη απ' ό,τι στη Βόρεια πλευρά.

3.α.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ

ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.

Η περιοχή της μελέτης μας βρίσκεται στο μεσαίο από τα τρία τμήματα της κοιλάδας του Ανθεμούντα. Επίσης παρουσιάζει σχήμα ισοσκελούς τριγώνου με βάση τα χωριά Σουρωτή (Δυτικό άκρο), Βασιλικά (Ανατολικό άκρο) και μήκος βάσης περίπου στα 4 Km (χάρτης 2). Την περιοχή διασχίζει ο ποταμός Ανθεμούντας.

Η μορφολογία παρουσιάζεται ήπια με ελαφρές κυματώσεις της επιφάνειας (χάρτη 1 και 2). Το υψόμετρο κυμαίνεται μεταξύ 36m και 98m από την επιφάνεια της θάλασσας.

3.β. ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Η κοιλάδα του Ανθεμούντα αποστραγγίζεται από τον ομώνυμο ποταμό που δέχεται τα νερά και τα φερτά υλικά των χειμάρρων. Η λεκάνη υποδιαιρείται σε ένα μεγάλο αριθμό μικρότερων κοιλάδων οι οποίες αποστραγγίζονται από χείμαρρους που τις διασχίζουν. Το υδρογραφικό δίκτυο των μικρότερων κοιλάδων είναι ανομοιόμορφο και εξαρτάται κυρίως από την υδροπερατότητα των πετρωμάτων. Σε γενικές γραμμές, όπου επικρατούν πετρολογικοί σχηματισμοί με αυξημένη διαπερατότητα το υδρογραφικό δίκτυο είναι έντονο, σε αντίθεση με τις περιοχές όπου επικρατούν σχηματισμοί με μικρή υδροπερατότητα.

Η ανάπτυξη των δευτερευουσών κοιλάδων σε γενικές γραμμές γίνεται κάθετα προς την διεύθυνση της κύριας λεκάνης. Οι κοιλάδες αυτές σε ότι αφορά την ηλικία και την εξέλιξη τους, παρουσιάζουν μορφή νεαρών κοιλάδων, με το χαρακτηριστικό σχήμα V όπου η κατακόρυφος διαβρωτική ενέργεια υπερτερεί της πλευρικής.

Σε περιοχές με χαλαρούς πετρογραφικούς σχηματισμούς (άμμοι, ψαμμίτες, μάργες, κροκαλοπαγή) παρατηρείται μεγαλύτερη πλευρική διάβρωση. Στους σχηματισμούς αυτούς η διάβρωση είναι ταχεία και προκαλεί απογύμνωση των εδαφών.

Οι δευτερεύουσες κοιλάδες δημιουργήθηκαν στους νεότερους χρόνους και μπορεί να χαρακτηρισθούν ότι διανύουν το στάδιο της νεότητας. Οι δυνάμεις που επέδρασαν για την δημιουργία τους είναι κυρίως εξωγενείς και σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις οφείλεται σε τεκτονικά γεγονότα.

Η κυρίως κοιλάδα του Ανθεμούντα σε αντίθεση με τις δευτερεύουσες οφείλει τη δημιουργία της σε τεκτονικά αίτια. Είναι παλαιότερη των δευτερευουσών και έχει πάρει το χαρακτηριστικό για προκεχωρημένη ηλικία σχήμα U. Ο ποταμός που την διασχίζει βρίσκεται στο στάδιο της

3.γ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Ως επιφανειακή απορροή θεωρείται το ποσό του νερού που ρέει επιφανειακά σε καθορισμένη περιοχή.

Στην εξεταζόμενη περιοχή η επιφανειακή απορροή γίνεται με ένα καλά αναπτυγμένο σύστημα ρυάκων και χειμάρρων που εκβάλλουν στον Ανθεμόντα ποταμό και αυτός στον κόλπο της Θεσσαλονίκης. Οι απορρέουσες ποσότητες είναι μικρές γιατί αφενός το ετήσιο ύψος της βροχής είναι μικρό και αφετέρου σε μεγάλο τμήμα της επιφάνειας της λεκάνης υπάρχουν διαπερατά και ημιδιαπερατά πετρώματα.

Οι περισσότεροι από τους χειμάρρους δεν διατηρούν εντός της κοίτης το νερό, παρά μόνο για μικρό χρονικά διάστημα μετά από ραγδαίες βροχοπτώσεις. Ο ίδιος ο Ανθεμόντας δεν παρουσιάζει επιφανειακή ροή στην θερινή περίοδο παρά μόνο σε τμήμα του άνω ρου του και πολύ πριν των Βασιλικών.

Οι χειμάρροι που βρίσκονται στα βόρεια πρηνή της λεκάνης όπως ο χείμαρρος «Αγίων Πάντων» στο Τριάδι, ο χείμαρρος «Λακκιάς», ο χείμαρρος «Μαντέμ Λάκκος» που εκβάλλει στα Βασιλικά και πολλοί άλλοι μικρότεροι, των οποίων ένα σημαντικό μέρος της λεκάνης απορροής αναπτύσσεται σε διαπεράστους σχηματισμούς, διατηρούν νερό εντός της κοίτης τους για αρκετό χρονικό διάστημα μετά τη διακοπή της βροχόπτωσης αλλά επειδή η λεκάνη απορροής είναι περιορισμένης έκτασης δεν μπορούν να σχηματίσουν ρεύματα μόνιμης ροής.

Ενώ όπως αναφέρθηκε οι χειμάρροι καταλήγουν στον Ανθεμόντα ποταμό, δεν παρατηρείται ροή νερού προς αυτόν γιατί αυτά κατεισδύουν εντός των τεταρτογενών αποθέσεων. Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της λεκάνης εκατέρωθεν του ποταμού Ανθεμόντα και αποτελούνται κυρίως από σχηματισμούς με μέτρια ως μεγάλη υδροπερατότητα. Αποτελούνται κυρίως από αμμούχους αργίλους, χαλίκια, ερυθρές αργίλους, κροκάλες και ριπίδια προσχώσεων. Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν το μεγαλύτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον και το πάχος των σχηματισμών είναι μεγαλύτερο των 500 m.

4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

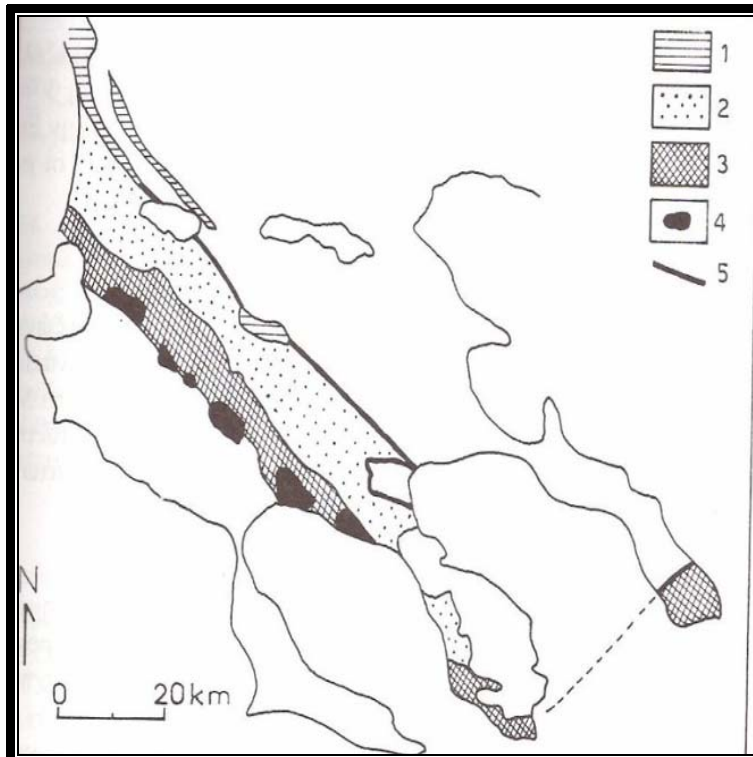
4.α. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Οι τρεις βασικές ενότητες που συγκροτούν την Περιοδοπική ζώνη με γενική διάταξη των σχηματισμών τους ΒΔ-ΝΑ, είναι από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά: 1. Η ενότητα Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά, 2. η ενότητα Μελισσοχωρίου- Χολομώντα και 3. η ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη. Η περιοχή του Νομού Βασιλικών η οποία μελετήθηκε, ανήκει στην ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη η οποία περιγράφεται παρακάτω.

4.α.1 ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΣΠΡΗΣ ΒΡΥΣΗΣ-ΧΟΡΤΙΑΤΗ

Είναι λωρίδα παράλληλη με την ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα, πλάτους 4 – 8 Km, που αρχίζει βόρεια της Θεσσαλονίκης, διέρχεται από τον Χορτιάτη, φτάνει στο νότιο άκρο της Σιθωνίας, όπου κάμπτεται και αποκτά ΑΒΑ κατεύθυνση και επεκτείνεται έτσι μέχρι το άκρο του Αγίου Όρους (σχήμα 4).

Η ενότητα χαρακτηρίζεται από μια ευγεωσυγκλινητική ανάπτυξη κατά τη διάρκεια του Κάτω-Μέσου Ιουρασικού, Μουντράκης (1985).



Σχήμα 4. Χάρτης της Περιοδοπικής Ζώνης με τις τρεις ενότητές της και τις σημαντικότερες οφειολιθικές εμφανίσεις. 1: Ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά, 2: Ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα, 3: Ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη, 4: οφειόλιθοι, 5: όριο της Ζώνης με την Σερβομακεδονική. (Κατά Kockel et al 1971, 1977).

4.β. ΙΖΗΜΑΤΑ

Τα κατώτερα τμήματα της ενότητας είναι Περμο-Τριαδικής ηλικίας μετακλαστικά και νηριτικά ανθρακικά ιζήματα (ψαμμίτες, χαλαζίτες, χαλαζιακοί σχιστόλιθοι, μετακροκαλοπαγή) .

Ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας όπως μαύροι κερατόλιθοι, κόκκινοι αργιλικοί σχιστόλιθοι, μαύροι γραφιτικοί φυλλίτες, μάργες και χαλαζιακοί σχιστόλιθοι. Μέσα στα ιζήματα αυτά παρεμβάλλονται συχνά οφειολιθικά σώματα με βασικά και υπερβασικά πετρώματα (γάββροι, διορίτες, σερπεντινίτες, διαβάσες).

Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της μελέτης μας οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι:

α. Νεογενείς αποθέσεις

Η φάση των κροκάλων με άμμους που την συναντάμε στα κράσπεδα της λεκάνης και συγκεκριμένα στην περιοχή της Σουρωτής. Τα ιζήματα χαρακτηρίζονται ως σχηματισμός Αντωνίου και αντιπροσωπεύουν τον παλαιότερο σχηματισμό των Νεογενών ιζημάτων της Δ. Χαλκιδικής. Αποτελούνται από στρώματα – φακούς τεφρών – τεφρόλευκων – τεφροπράσινων ιλυούχων αμμών. Η πετρογραφική σύσταση εμφανίζεται διαφορετική από τη σύσταση των πετρωμάτων του υποβάθρου πάνω στα οποία έχουν αποθεθεί κροκάλες γρανίτη, γνευσίου, χαλαζία, πηγματίτη και βασικών πετρωμάτων.

β. Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καταλαμβάνουν εξ' ολοκλήρου σχεδόν το πεδινό τμήμα της λεκάνης του Ανθεμούντα και εν μέρει τα κράσπεδα της. Τη μεγαλύτερη έκτασή τους καταλαμβάνουν οι αλλουβιακές αποθέσεις, οι κώνοι χειμάρρων και πλευρικών κορημάτων και οι αναβαθμίδες.

β.1. Οι κώνοι χειμάρρων απαντώνται στις εξόδους των χειμάρρων και αναπτύσσονται σε σημαντική έκταση στα κράσπεδα της λεκάνης. Τα χαμηλότερα σημεία των ριπιδίων βρίσκονται περίπου στην ισοϋψή των 40 m ενώ τα ψηλότερα στην ισοϋψή των 180 m. Τις μεγαλύτερες διαστάσεις παρουσιάζει ο κώνος χειμάρρων αποθέσεων του χειμάρρου της Περιστεράς στα βόρεια Βασιλικά.

β.2. Αναβαθμίδες. Ανάπτυξη αναβαθμίδων παρατηρείται κατά μήκος του Ανθεμούντα ποταμού και των κυριότερων χειμάρρων του.

Παρατηρούνται σε φυσικές τομές που προκλήθηκαν λόγω της διάβρωσης. Το υλικό των αναβαθμίδων αποτελείται από άμμους με χαλίκια, ερυθροπηλούς, αναμεμιγμένους με άμμους, χαλίκια, κροκάλες. Η αναβαθμίδα του χειμάρρου της Περιστεράς στο κατώτερο τμήμα της φτάνει μέχρι το πεδινό τμήμα της λεκάνης.

β.3. Τραβερτίνης Στην περιοχή «Βοσκίνα» στην Σουρωτή, εντοπίζονται τοπικά ορίζοντες ασβεστολιθικού τόφφου, δηλαδή χημικά ιζήματα των θερμομεταλλικών νερών. Περικλείουν στη μάζα τους υπολείμματα φυτικών οργανισμών.

β.4. Σύγχρονες προσχώσεις. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι χερσαίας προέλευσης και αποτελούνται κυρίως από αργιλικά ορυκτά και άμμους αναμεμιγμένα με κροκάλες, λατύπες και ψηφίδες. Εντοπίζονται κυρίως στα μορφολογικά χαμηλότερα σημεία της λεκάνης. Το πάχος τους, με βάση στοιχεία γεωτρήσεων, κυμαίνεται από λίγα μέτρα μέχρι 50 m.

4.γ. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

Μέσα σ' αυτή την ιζηματογενή σειρά παρεμβάλλονται και πετρώματα μεταμορφωμένα όξινης μαγματικής προέλευσης. Πρόκειται για παλαιούς Διορίτες, γρανοδιορίτες και γρανίτες που μεταμορφώθηκαν στην πρασινοσχιστολιθική φάση και δημιούργησαν τους σημερινούς πράσινους επιγνεύσιους της Θεσσαλονίκης (ακτινολιθικοί, επιδοτιτικοί, χλωριτικοί γνεύσιοι και αμφιβολιτικοί, βιοτιτικοί γνεύσιοι) που εναλλάσσονται με τα μετά-ιζήματα, φυλλίτες, σερικιτικούς σχιστόλιθους, μαρμαρα, σιπολίνες, χλωριτικούς – επιδοτιτικούς σχιστόλιθους.

Ο Σαπουντζής (1969) που μελέτησε τους επιγνεύσιους αυτούς διαπίστωσε ότι προήλθαν από παλαιά χαλαζιοδιοριτικά πετρώματα. Ραδιοχρονολογήσεις στους γνευσίους αυτούς έδωσαν αποτελέσματα 113 εκ. ετών (Κάτω-Μέσω Κρητιδικό) που σημαίνει ότι η μεταμόρφωση έγινε σχεδόν ταυτόχρονα με την Άνω Ιουρασική Κάτω Κρητιδική ορογένεση που έπληξε τις εσωτερικές Ελληνίδες.

4.δ. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΣ

Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε., η περιοχή αποτελείται από υλικά με τη σειρά που παρουσιάζονται παρακάτω. Η σειρά από πάνω προς τα κάτω μας δίνει και την ηλικία των στρωμάτων από το νεότερο προς το παλαιότερο.

- Προσχώσεις κοιλάδων Τεταρτογενούς, Ολοκαινικής ηλικίας που αποτελούνται από αμμούχες αργίλους.
- Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων Πλειστοκαινικής ηλικίας. Αποτελείται από χαλίκια και κροκάλες. Οι τελευταίες είναι ποικίλης προέλευσης και σύστασης (χαλαζίτες, σχιστόλιθοι, ασβεστόλιθοι και μαγματικά πετρώματα). Τα χαλίκια και οι άμμοι βρίσκονται κάτω από το αργιλώδες κάλυμμα της αναβαθμίδας.
- Ριπίδια προσχώσεων ηλικίας Τεταρτογενούς (Τεταρτογενές Αδιαίρετο). Αποτελούν τα παλαιά ριπίδια.
- Πλειστοκαινική σειρά ερυθρών αργίλων με μαρμαρυγίες και ασβεστιτικά συγκρίματα.
- Ασβεστόλιθοι Ιουρασικής ηλικίας. Αποτελούνται από τεφρούς έως γαλαζωπούς παχυστρωματώδους ασβεστόλιθους και μερικούς ανακρυσταλλωμένους. Τοπικά στη βάση απαντούν λεπτά στρώματα ψαμμίτη. Επίσης παρεμβάλλονται μερικοί ορίζοντες Βωξίτη ελαφρά μεταμορφωμένοι.
- Βιοτιτικός και διμαρμαρυγιακός γρανοδιορίτης (τύπου Σιθωνίας) σχιστώδης, μεσόκοκκος ηλικίας Μεσοζωικού, μεταμορφωμένος και σχιστώδης.

4.ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ

Η λεκάνη του Ανθεμούντα είναι ένα κλασικού τύπου και νεαρής ηλικίας τεκτονικό βύθισμα (Ολιγόκαινο).

Η κοιλάδα αυτή οφείλει την αρχική της κατασκευή γενικότερα σε τεκτονικά αίτια που επέδρασαν στην ευρύτερη λεκάνη της Θεσσαλονίκης κυρίως κατά το Ολιγόκαινο. Η σημερινή της γεωμορφολογία οφείλεται κυρίως σε τοπικά τεκτονικά γεγονότα που έγιναν στο τέλος του Νεογενούς και αρχές Τεταρτογενούς, με αποτέλεσμα να την καταστήσουν εν μέρει ανεξάρτητη από την λεκάνη της Θεσσαλονίκης. Η τεκτονική δράση έγινε με τη δημιουργία ρηγμάτων κατά το τέλος του Νεογενούς με αποτέλεσμα να αποκοπούν στρώματα του Πλειόκαινου. Τα ρήγματα αυτά με διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ διαμόρφωσαν τελικά την σημερινή κατασκευή της λεκάνης. Η νεαρή ηλικία των ρηγμάτων

υποδηλώνεται και από τις αναβλύσεις θερμομεταλλικών πηγών όπως οι πηγές της Σουρώτης.

Μετά την πλήρωση της λεκάνης από ιζήματα του Πλειόκαινου τα ρήγματα Α-Δ και Β-Ν διεύθυνσης, συνέβαλαν στην σημερινή μορφολογία της λεκάνης.

Στη νότια πλευρά της λεκάνης εντοπίζεται ρήγμα Α-Δ διεύθυνσης, παράλληλο περίπου της κοίτης του Ανθεμούντα, που διέρχεται απ'τα χωριά Γαλαρινός - Σουρωτή - Αγία Παρασκευή – Ν. Ρύσιο. Το ρήγμα αυτό βύθισε το προς Βορρά τμήμα και εντός της περιοχής του αναπτύχθηκε η κοίτη του ποταμού Ανθεμούντα. Με την πάροδο του χρόνου τα παλαιότερα ιζήματα καλύφθηκαν από νεότερες σύγχρονες προσχώσεις.

4.στ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

4.στ.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ευρύτερη περιοχή της Θέρμης ανήκει στην Περιοδοπική ζώνη. Η Περιοδοπική ζώνη καθιερώθηκε στη γεωτεκτονική διαίρεση της Ελλάδος από τους Kauffmann et al (1976) σαν η πιο εσωτερική ζώνη των Ελληνίδων με το όνομα Circum Rhodope belt. Έρευνες οι οποίες έγιναν διαπιστώνουν ότι τα μετά-ιζήματα της Περιοδοπικής οριοθετούνται από την κρυσταλλική μάζα της Ροδόπης – Σερβομακεδονικής με τεκτονικές επαφές.

Η Περιοδοπική κατά Μουντράκη (1985), εκτείνεται ως ζώνη πλάτους 10-20 km, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ στη δυτική πλευρά της Σερβομακεδονικής. Από τα Ελληνο-Γιουγκοσλαβικά σύνορα η ζώνη προεκτείνεται προς τα ΝΑ στη λίμνη Λαγκαδά, τον κορμό της Χαλκιδικής και την χερσόνησο της Σιθωνίας όπου κάμπτεται προς τα ΒΑ και με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ περνάει από την άκρη της χερσονήσου του Άθω και προεκτείνεται υποθαλάσσια προς το νησί της Σαμοθράκης και την περιοχή Αλεξανδρούπολης-Έβρου.

Η κύρια παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική σημασία της Περιοδοπικής ζώνης είναι ότι αποτελούσε στη διάρκεια του Ιουρασικού την ηπειρωτική κατωφέρεια της ηπειρωτικής ελληνικής ενδοχώρας και κυρίως της Σερβομακεδονικής μάζας, η οποία κατωφέρεια κατέληγε σε μια βαθιά αύλακα, περιφερειακή της ηπειρωτικής μάζας.

Σύμφωνα με τα βασικότερα σύγχρονα γεωτεκτονικά μοντέλα εξέλιξης του ελληνικού χώρου, αυτή η περιφερειακή αύλακα ήταν η θέση βύθισης (subduction) της ωκεάνιας περιοχής της ζώνης Αξιού κάτω από την

Ευρωπαϊκή ηπειρωτική πλάκα, το περιθώριο της οποίας αποτελούσαν οι μάζες Ροδόπης και Σερβομακεδονικής.

4.στ.2. ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΣ

Μέχρι και την απόθεση των πλειοκαινικών στρωμάτων η λεκάνη του Ανθεμούντα ακολούθησε σε γενικές γραμμές την τεκτογέννεση και εξέλιξη της ευρύτερης τεκτονικής λεκάνης της Θεσσαλονίκης (Ανατολική Α.Ε.).

Προς τα τέλη του Πλειόκαινου και τις αρχές του Πλειστόκαινου ακολούθησε ανεξάρτητη εξέλιξη. Μετά την απόθεση των Πλειοκαινικών ιζημάτων έγιναν κατακόρυφες κινήσεις, ανοδικές σε κάποια τμήματα της λεκάνης και καθοδικές σε κάποια άλλα. Οι κινήσεις αυτές είχαν ως αποτέλεσμα να επηρεάσουν τις νεογενείς αποθέσεις. Γι' αυτό τον λόγο σήμερα βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα.

Οι κατακόρυφες κινήσεις μετέβαλαν τη μορφολογία της περιοχής με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν λόφοι και κοιλάδες και στην συνέχεια τα ρυάκια και οι χείμαρροι. Η νέα μορφολογία δραστηριοποίησε τη διάβρωση και αποσάθρωση των κοιλάδων εντός της λεκάνης, συνεπικουρούμενη από το ευνοϊκό κλίμα και τον κατακερματισμό των πετρωμάτων λόγω των κατακόρυφων κινήσεων. Τα υλικά της διάβρωσης και της αποσάθρωσης άρχισαν να μεταφέρονται και να αποτίθενται στα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης με την δράση των νερών, είτε ως λεπτομερές υλικό (ιλύς, άργιλος, άμμος) είτε ως χονδρόκοκκο υλικό (ψηφίδες, κροκάλες) φυσικής επεξεργασίας και διαλογής του μεταφερόμενου υλικού κατά την διαδρομή.

Μετά την απόθεση των κλαστικών ιζημάτων συνεχίστηκε η μεταφορά υλικού στην λεκάνη από τα κράσπεδα και σχηματίστηκαν οι κώνοι αποθέσεων λατυποκροκαλοπαγούς και λεπτόκοκκου υλικού οι οποίοι μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ριπιδοειδής σχηματισμοί. Οι σχηματισμοί αυτοί μπορούν να θεωρηθούν ότι αποτελούν τις τελευταίες αποθέσεις της λεκάνης. Τέλος η παρουσία των αναβαθμίδων στην λεκάνη πιστοποιεί ότι σε όλη τη διάρκεια του Τεταρτογενούς έγιναν σταδιακά ανοδικές ηπειρογενετικές κινήσεις.

5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

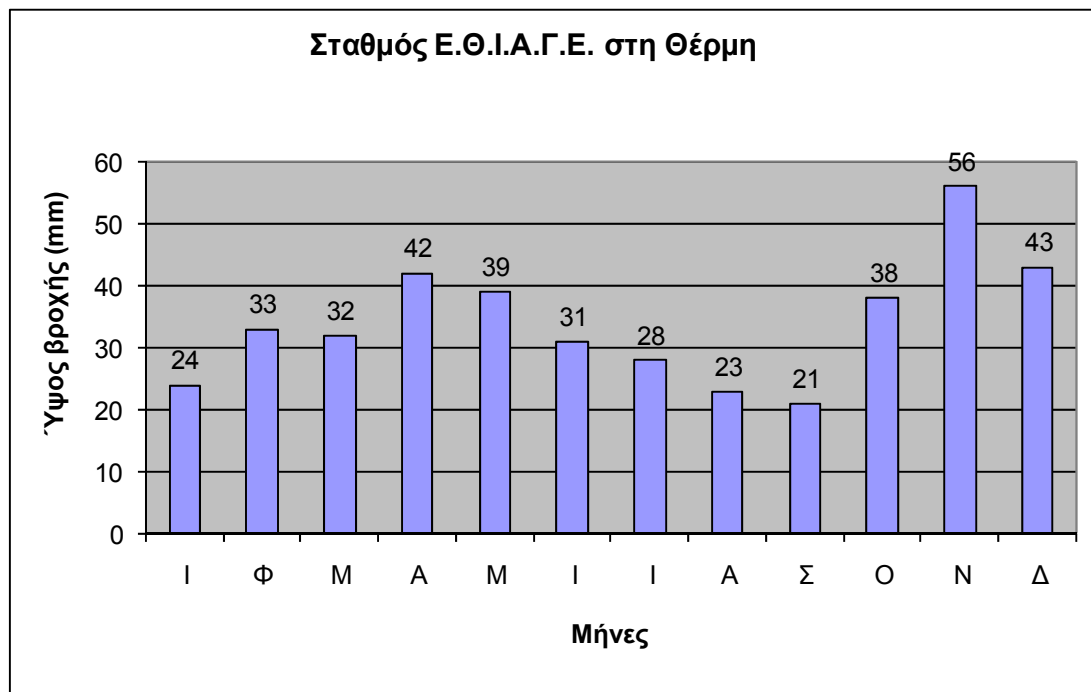
5.α. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για την ανάλυση του κλίματος της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από δύο πηγές. Τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού του ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε. που βρίσκεται σε υψόμετρο 10m στα λουτρά Θέρμης, θεωρούνται αντιπροσωπευτικά των χαμηλότερων εκτάσεων της περιοχής μελέτης. Με βάση αυτά τα στοιχεία το κλίμα χαρακτηρίζεται, κατά Korpen, (Μπαλαφούτης – Μαχαίρας, 1985) μεσόθερμο με ξηρή περίοδο το καλοκαίρι, το οποίο είναι ιδιαίτερα θερμό (Gsb, μεσογειακό κλίμα).

Με βάση τα στοιχεία του σταθμού του ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε. (1978-1997)

- Η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα ανέρχεται σε 15,6⁰C με θερμόμετρο μήνα τον Ιούλιο (26,7⁰C) και ψυχρότερο τον Ιανουάριο (5,1⁰C), με μέγιστη μέση θερμοκρασία έτους το 1994 (16,5⁰C) και ελάχιστη μέση θερμοκρασία έτους το 1991 (14,8⁰C).
- Υγρότερο έτος είναι το 1982 (547mm) και ξηρότερο το έτος 1993 (225mm). Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στην εικοσαετία είναι 410mm.

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις τιμές της μέσης θερμοκρασίας αέρος και ύψους βροχής για την περίοδο (1978 – 1997) καθώς και τα διαγράμματα της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας κατά την εικοσαετία. (πίνακες 1 και 2), (σχήματα 5 και 6).



Σχήμα 5. Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) του σταθμού Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε. Θέρμης (1978-1997)

Από το σχήμα 5 προκύπτει ότι ο υγρότερος μήνας είναι ο Νοέμβριος με μέση βροχόπτωση 56 mm και ακολουθεί ο Δεκέμβριος.

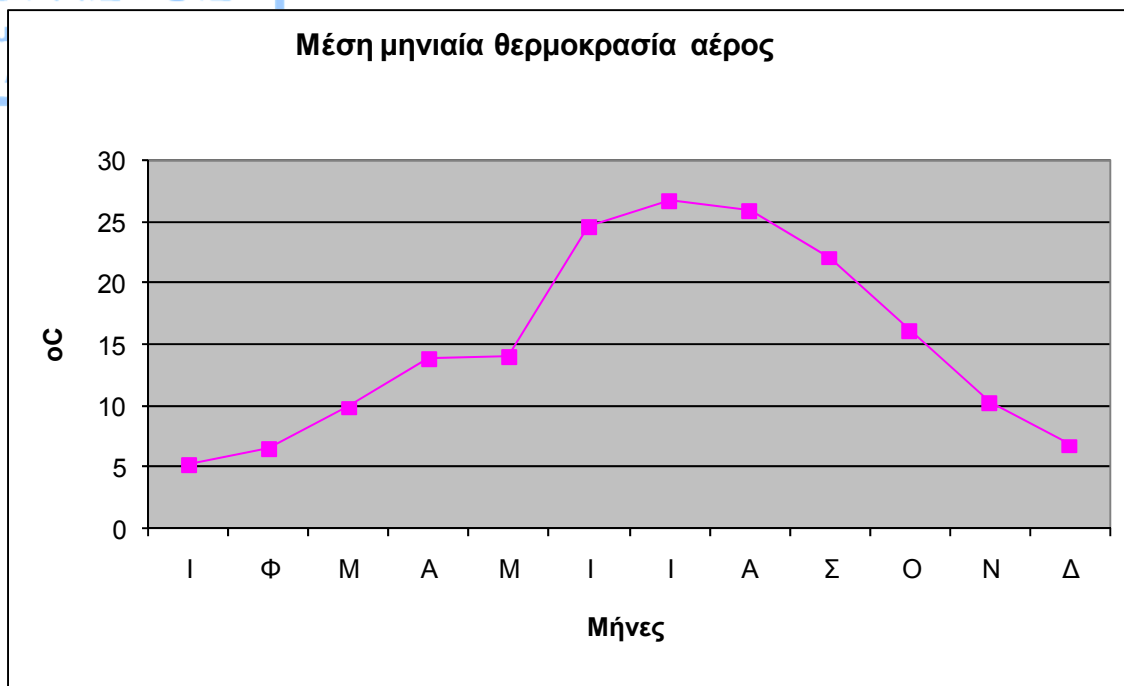
Ξηρότερος μήνας είναι ο Σεπτέμβριος (20mm) και ακολουθεί ο Αύγουστος.

Πίνακας 1. Ύψος βροχής σε mm στο σταθμό Θέρμης (Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε.) για την περίοδο 1978-1997

Έτος	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Σύνολο έτους
1978	27	35	39	110	53	48	10	16	50	86	16	48	538
1979	32	48	12	79	47	1	62	26	18	77	76	45	522
1980	66	9	39	45	60	21	36	17	36	127	43	50	547
1981	27	21	49	15	12	7	7	38	0	28	65	55	323
1982	11	53	32	94	31	30	20	66	16	40	149	32	571
1983	10	19	6	8	28	95	61	17	4	16	62	98	422
1984	35	32	53	64	16	49	2	12	14	0	34	44	354
1985	10	5	62	4	14	7	0	8	13	9	126	17	275
1986	33	122	15	15	68	60	14	6	13	19	43	10	415
1987	33	44	71	51	20	38	22	15	23	70	125	38	546
1988	21	35	70	21	26	18	70	6	6	7	97	49	424
1989	0	1	33	20	34	81	83	0	54	13	29	55	400
1990	0	0	3	14	69	11	19	17	16	53	31	77	309
1991	8	59	37	77	82	14	10	85	35	16	44	8	473
1992	0	9	16	52	55	65	56	10	20	51	29	35	398
1993	9	5	22	18	77	28	4	5	4	7	46	0	225
1996	33	50	12	81	41	0	28	24	0	46	53	42	410
1995	53	13	27	6	4	5	17	52	50	0	15	97	339
1996	53	59	15	33	32	43	18	0	44	43	24	36	400
1997	28	44	13	32	3	10	28	35	0	66	20	34	322
Μ.Ο.	24	33	32	42	39	31	28	23	21	38	56	43	410

Πίνακας 2. Μέση θερμοκρασία αέρος στο σταθμό Θέρμης (Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε.) για την περίοδο 1978-1997

Έτος	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο. έτους
1978	4,8	8,1	11,2	13,2	18,5	24,9	26,5	24,9	20	15,5	7,4	9,2	15,4
1979	4,7	7,5	11,6	12,9	20	25,6	26,1	25,4	21,6	14,7	11,9	7,5	15,8
1980	3,2	6,3	9,3	13,2	16,9	23,3	26,8	26	21,3	17,2	12,3	7,4	15,3
1981	2,5	5,6	11,2	13,4	17,7	25,9	25,9	24,8	22	18,3	7,8	8,2	15,3
1982	4,9	4,1	8,5	12	18,1	24,8	26	25,6	23,3	16,7	9,2	7,4	15,1
1983	5,9	5	10,1	16,2	21,3	22,1	26,1	24,9	21,3	15,8	9,1	6,5	14,8
1984	5,8	6,8	8,1	11,8	19,7	23,7	25,5	23,9	22,5	18,3	11,1	5,8	15,3
1985	5,5	3,5	9,1	16,2	22,4	25,5	27,1	27	22,7	15,4	12,2	8,9	16,3
1986	6,9	7	9,6	16,3	19,5	25	26,6	27,9	23	15,9	9,4	4,2	15,9
1987	5,6	8,4	5,8	13,3	18	24,2	27,4	25,3	24,3	15,3	10,7	7,5	15,5
1988	6,8	6,8	8,6	13,2	19,6	25,6	30,3	26,9	22	14,8	5,9	4	15,4
1989	3,3	7,3	11,8	16,8	18,7	23,6	26	26,9	19,4	14,9	9,6	5,1	15,3
1990	4,5	7,9	12,3	15	19,1	24,8	26,9	25	21	16,1	12,6	7	16
1991	3	4,7	10,5	13,5	17,2	25,4	26	25,2	21,3	16,6	11,9	2,6	14,8
1992	5,5	5,7	10,6	14,8	18,8	24,2	25,1	28,3	21,8	17,6	10,1	5,6	15,7
1993	4,9	3,9	9,2	15	19	24,2	26,1	26,4	22,1	18,9	9,2	8,3	15,6
1996	6,7	6,1	10,9	14,3	20,7	24,4	26,5	26,4	25,4	17,6	11,2	7,4	16,5
1995	5,6	9,4	9	13,3	19,8	24,4	29,5	26,1	23,5	13			
1996				11,7	20,5	24,5	25,8	25,3	20,3	14,9	12,2	8,2	
1997	6,7	6,9	8,9	10,5	21	25,1	27,2	25,1	20,7	13,9	10,9	6,9	
Μ.Ο.	5,1	6,4	9,8	13,8	19,3	24,6	26,7	25,9	22	16,1	10,2	6,7	15,6



Σχήμα 6. Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρος στο σταθμό Θέρμης (Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε.) για την περίοδο 1978-1997



Σχήμα7. Διάγραμμα ετήσιου ύψους βροχής από 1978 ως 1997 (Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε.)

5.β. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

ΝΕΡΟΥ

Στην περιοχή μελέτης και με τη βοήθεια χαρτών με κλίμακα 1:10000 επιλέχθηκαν έξι γεωτρήσεις, στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης κατά την περίοδο του Οκτωβρίου 2007. Η επιλογή αυτών των γεωτρήσεων έγινε με αυστηρό κριτήριο την ομοιόμορφη κατανομή τους πάνω στον χάρτη έτσι ώστε να καλύπτουν το εμβαδόν όλης της περιοχής. Τα σημεία των έξι γεωτρήσεων φαίνονται στον χάρτη 4. Η μέτρηση έγινε με την βοήθεια σταθμήμετρου και τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Στάθμες γεωτρήσεων

ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΣΕ m ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ	ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΣΕ m
G2	15.11	25.99
G5	19.74	34.46
G6	31.49	40.07
G8	18.08	25.48
G9	27.92	27.43
G10	21.84	26.6

5.γ. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΚΛΙΣΗ

Για να υπολογιστεί η υδραυλική κλίση και η ταχύτητα της ροής διήθησης χρησιμοποιήθηκε ο νόμος του Darcy (Σούλιος 1985).

Σύμφωνα με τον νόμο του Darcy η υδραυλική κλίση (i) είναι το πηλίκο της μεταβολής του φορτίου κατά την ροή του υπόγειου νερού δια της αντίστοιχης απόστασης που διανύθηκε. Στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες αυτό το πηλίκο συμπίπτει με την εφαπτομένη της γωνίας κλίσης της πιεζομετρικής επιφάνειας. Η υδραυλική κλίση υπολογίζεται από τον τύπο $i = \Delta\Phi/L$ όπου α) i η υδραυλική κλίση,

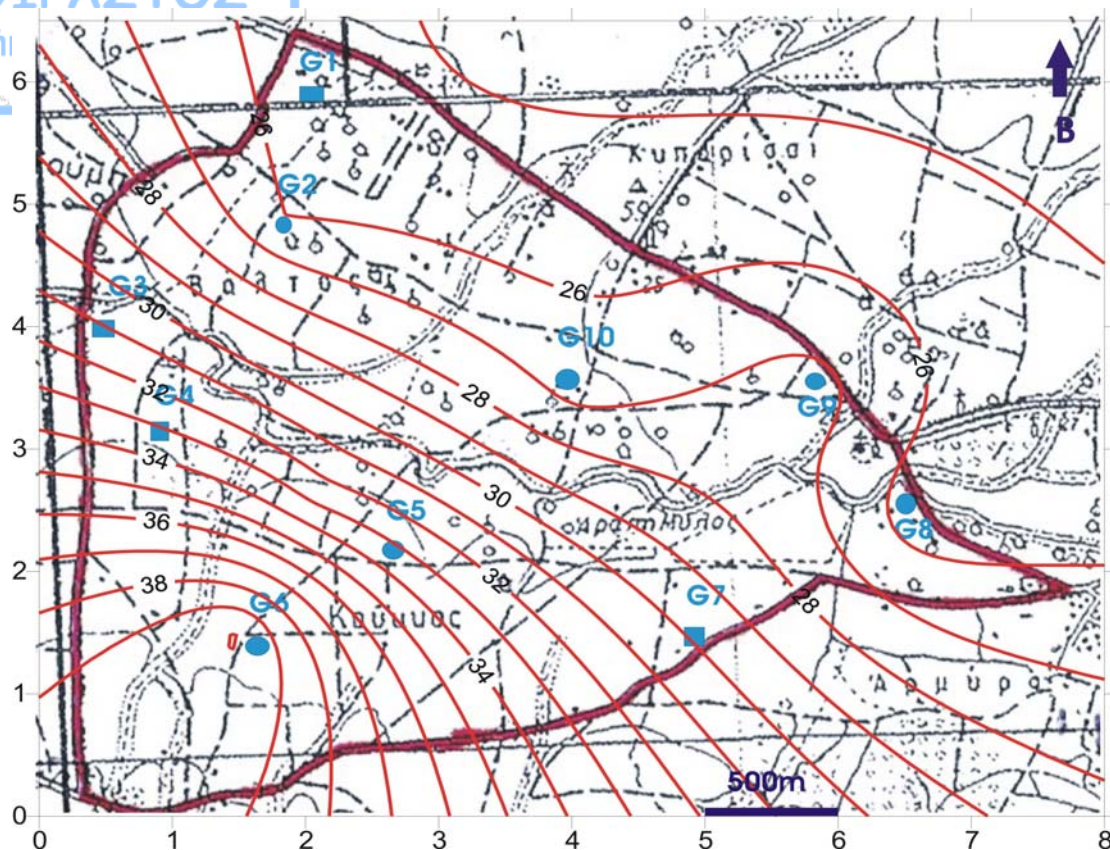
β) $\Delta\Phi$ η απώλεια φορτίου,

γ) L η απόσταση που διανύει το νερό.

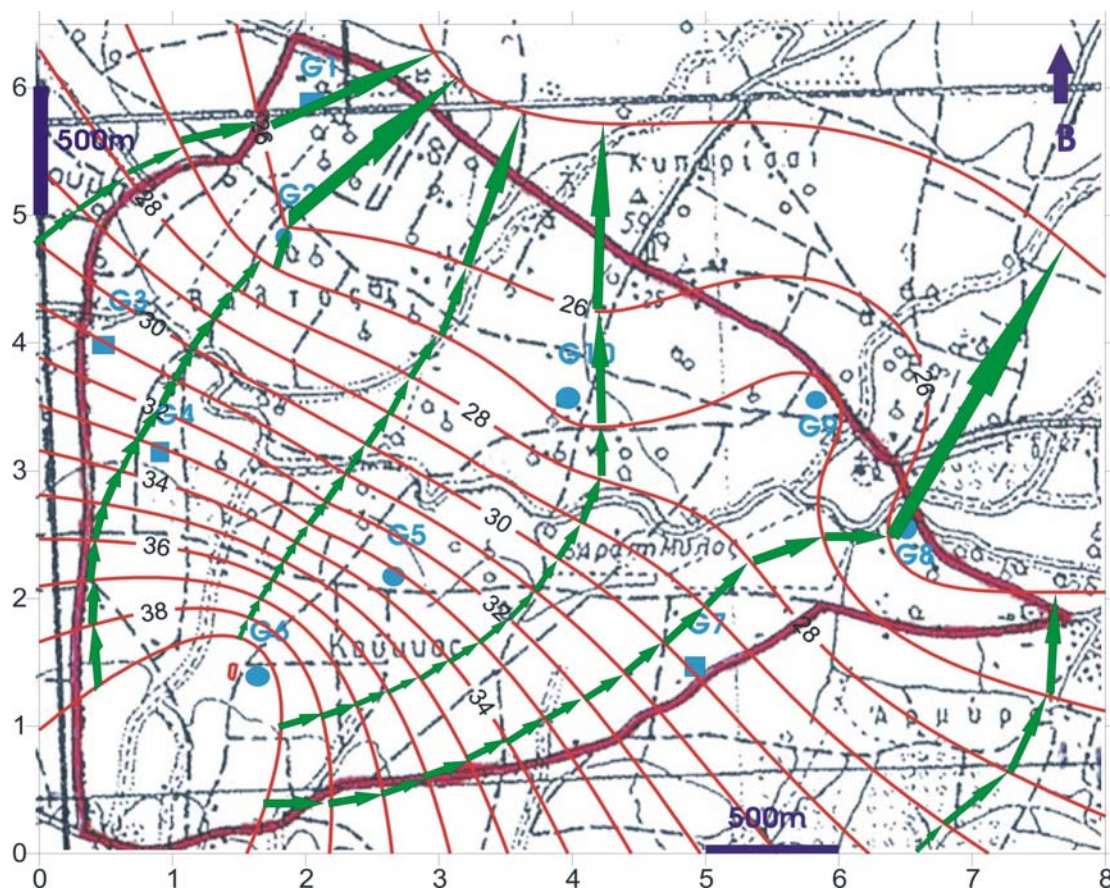
Σε ιδανικές συνθήκες η υδραυλική κλίση για ένα υδροφορέα είναι μία για όλο τον υδροφορέα. Στην φύση όμως αυτό δεν μπορεί να συμβεί. Έτσι υπολογίσαμε την υδραυλική κλίση για κάθε γεώτρηση ξεχωριστά. Πήραμε ως σταθερό σημείο την γεώτρηση G6 και μετρήσαμε την απώλεια φορτίου σε σχέση με τις υπόλοιπες γεωτρήσεις. Τα αποτελέσματα που πήραμε είναι: $i_1 = 8,4478 \times 10^{-3}$, $i_2 = 8,4145 \times 10^{-3}$, $i_3 = 5,8360 \times 10^{-3}$, $i_4 = 5,291 \times 10^{-3}$ και $i_5 = 8,659 \times 10^{-3}$.

Η υδραυλική κλίση του υδροφορέα συνολικά υπολογίζεται από τον μέσο όρο των πέντε παραπάνω και είναι ίση με $i = 7 \times 10^{-3}$.

Σύμφωνα με τους χάρτες 5 και 6 η διεύθυνση της ροής των υπόγειων υδάτων είναι Βόρεια-Βορειοανατολικά.



Χάρτης 5. Πιεζομετρικές καμπύλες την περίοδο Μαΐου 2007



Χάρτης 6. Γραμμές ροής του υπόγειου νερού

6. ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

6.α. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

6.α.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας των υπόγειων νερών πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία υπόγειων νερών από 9 διαφορετικές γεωτρήσεις της περιοχής (γεώτρηση G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9, G10). Οι θέσεις αυτών των γεωτρήσεων φαίνονται στον χάρτη 3. Οι χημικές αναλύσεις έγιναν στο Α.Π.Θ. στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας. Προσδιορίστηκαν τα εξής χημικά στοιχεία: Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- καθώς και το pH, T.D.S. και η αγωγιμότητα. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων δίνονται στον πίνακα 2. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. Κατιόντα

I. Ασβέστιο (Ca^{2+}) και μαγνήσιο (Mg^{2+}): Η σκληρότητα και κατόπιν ο υπολογισμός της συγκέντρωσης ασβεστίου και μαγνησίου βασίστηκαν στην ογκομέτρηση των δειγμάτων με διάλυμα EDTA και προσθήκη των κατάλληλων δεικτών.

Η σκληρότητα των νερών προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων, εκ των οποίων τα πιο συνηθισμένα είναι το Ca^{2+} και το Mg^{2+} . Τα ιόντα αυτά αντιδρούν με το σαπούνι και σχηματίζουν ιζημα και μαζί με ορισμένα ανιόντα που βρίσκονται στο νερό σχηματίζουν κρούστα.

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών. Η σκληρότητα του πόσιμου νερού μεταξύ των άλλων συνδέεται και με την υγεία του ανθρώπου και συγκεκριμένα σχετίζεται με τις καρδιακές παθήσεις.

Η κύρια προέλευση του ασβεστίου είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης προέρχεται από τους ασβεστονατριούχους αστρίους, τη γύψο, τους πυρόξενους και τους αμφιβολίτες.

Το μαγνήσιο απαντάται στον ολιβίνη, μαγνησίτη, δολομίτη και τους χλωρίτες. Επίσης απαντάται στα ανθρακικά πετρώματα, στα οποία είναι περισσότερο άφθονο όταν περιέχουν μαγνησίτη και δολομίτη.

II. Νάτριο (Na^+) και Κάλιο (K^+): Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των ιόντων του νατρίου και του καλίου είναι η

φλογοφασματομετρία ατομικής εκπομπής. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το φλογοφωτόμετρο PFP7 (JENWAY).

Τα αλκάλια νάτριο και κάλιο συνδέουν την παρουσία τους με τους αστέριους. Το κάλιο σχετίζεται επίσης με τα καλιούχα λιπάσματα.

2. Ανιόντα

I. Όξινα ανθρακικά (HCO_3^-) : Η αλκαλικότητα και άρα ο υπολογισμός των όξινων ανθρακικών προσδιορίστηκε ογκομετρικά με θειικό οξύ (H_2SO_4) και χρήση των κατάλληλων δεικτών φαινολοφθαλεΐνης και βρωμοκρεσόλης.

Η αλκαλικότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας των νερών να εξουδετερώνουν ορισμένη ποσότητα υδρογονοκατιόντων. Η εξουδετέρωση αυτή οφείλεται στην παρουσία των ιόντων HCO_3^- . Η παρουσία οργανικής ύλης μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στον καθορισμό της αλκαλικότητας των υπόγειων νερών. Τα όξινα ανθρακικά ιόντα είναι τα επικρατέστερα στα γλυκά υπόγεια νερά. Τα χλωριούχα, νιτρικά και θειικά ιόντα δεν συμβάλουν στην αλκαλικότητα.

II. Χλωριούχα (Cl^-) : Ο προσδιορισμός των χλωριούχων ιόντων έγινε ογκομετρικά με την χρησιμοποίηση διαλύματος νιτρικού υδραργύρου $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ για τον σχηματισμό χλωριούχου υδραργύρου HgCl_2 και προσθήκη του κατάλληλου δείκτη (διφαινυλοκαρβαζόνη).

Η κύρια προέλευση των χλωριούχων είναι τα ιζηματογενή πετρώματα, που περιέχουν αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας γένεσης, καθώς και εβαπορίτες. Άλλη πηγή αποτελεί η διείδυση της θάλασσας στους παράκτιους υδροφόρους. Στις βιομηχανικές περιοχές η αύξηση του χλωρίου προέρχεται από την καύση των πλαστικών και τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια.

III. Θειικά (SO_4^{2-}): Ο προσδιορισμός των θεικών (SO_4^{2-}) βασίζεται στην θολότητα του δείγματος από την καταβύθιση BaSO_4 μετά την προσθήκη BaCl_2 . Η θολότητα υπολογίζεται φασματοφωτομετρικά.

Κύρια προέλευση των θεικών ανιόντων είναι η διάλυση της γύψου και του ανυδρίτη, καθώς και η οξείδωση θειούχων ενώσεων, που εμφανίζονται σε αργιλικά πετρώματα.

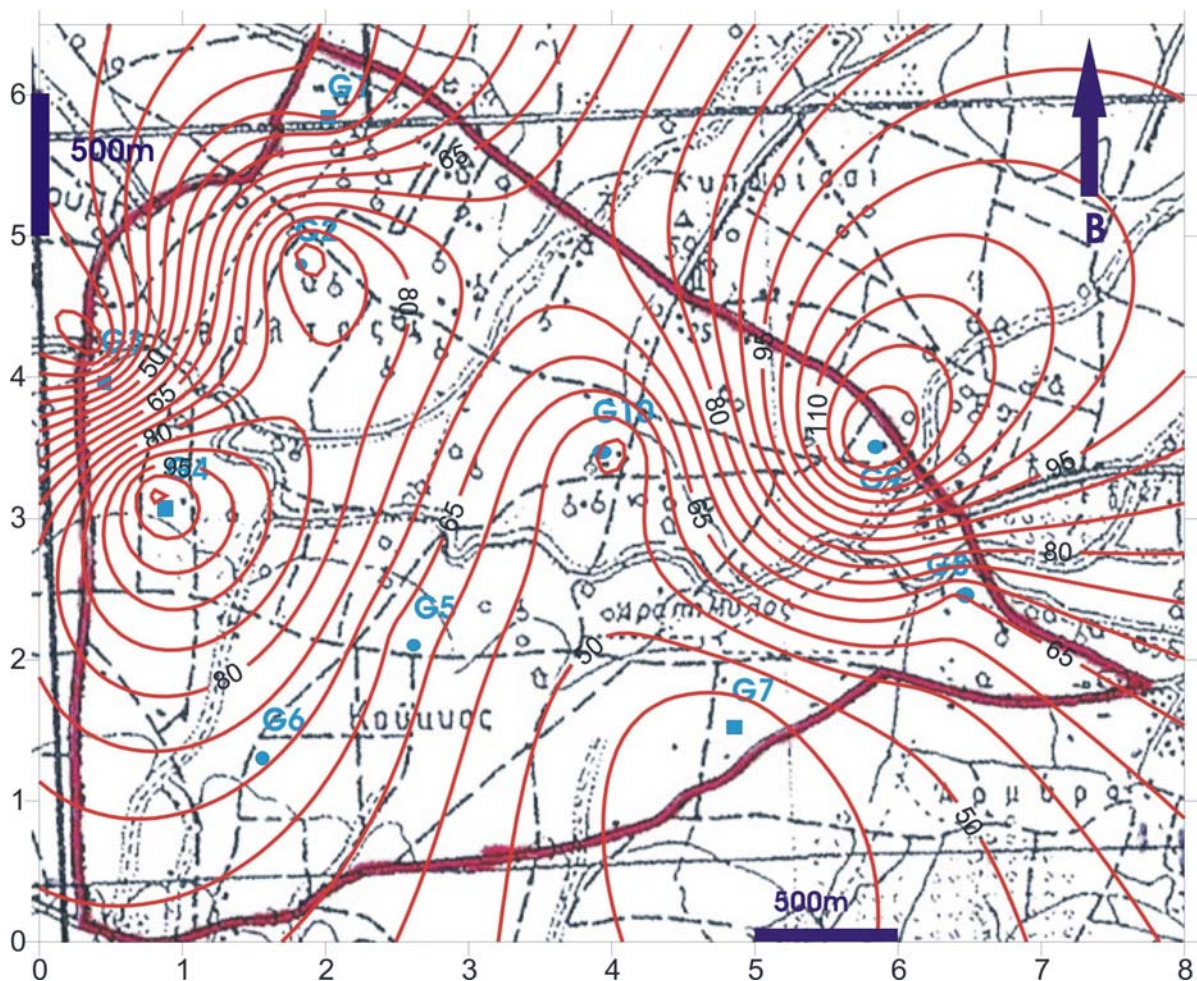
IV. Νιτρικά (NO_3^-) : Ο προσδιορισμός των νιτρικών βασίζεται στην αναγωγή τους σε νιτρώδη (NO_2^-) με χρησιμοποίηση καδμίου και στη συνέχεια των προσδιορισμό του NO_2^- φασματοφωτομετρικά.

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 νερού απ' τον άνθρωπο. Μεγάλες περιεκτικότητες σε νιτρικά ανιόντα υποδηλώνει την παρουσία βιολογικών ρύπων ή επίδραση ή ανάμειξη με νερά άρδευσης από λιπαινόμενες γαίες.

6.α.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Στον πίνακα 4 δίνονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων από τα οποία συμπεραίνουμε ότι :

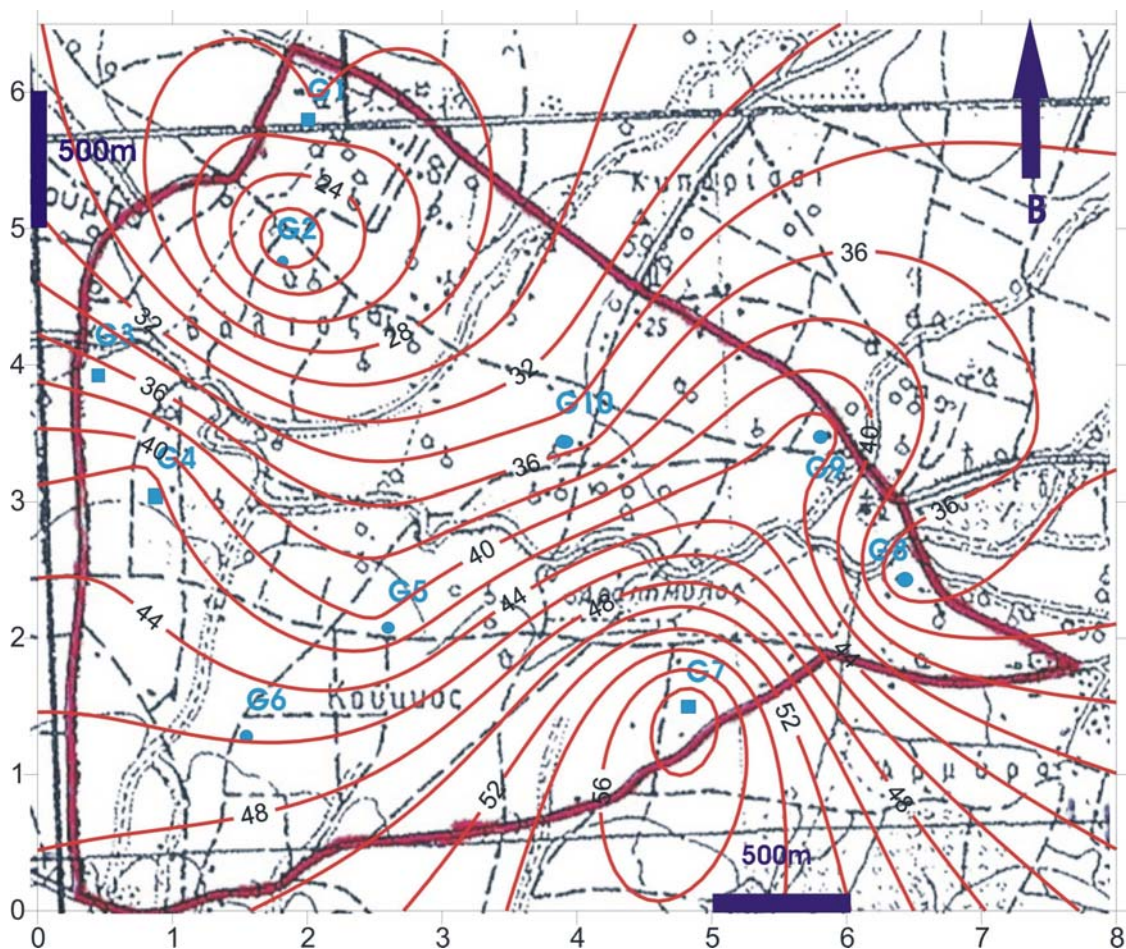
α) Το ασβέστιο παρουσιάζει διάφορες τιμές οι οποίες έχουν αρκετά μεγάλες αποκλίσεις. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 38 έως 129,6 mg/l. Η ενδεικτική τιμή ποσιμότητας του ασβεστίου είναι τα 100 mg/l. Σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα 4 το νερό χαρακτηρίζεται πόσιμο.



Χάρτης 7. Καμπύλη κατανομής της περιεκτικότητας Ca

Στον χάρτη 7 παρουσιάζεται η κατανομή των ιόντων Ca. Παρατηρούμε υψηλές ποσότητες σε δύο τμήματα της περιοχής, το πρώτο στο Βόρειο – Δυτικό κομμάτι και το δεύτερο στο Βόρειο – Ανατολικό. Αντίθετα σε όλο Νότιο τμήμα του χάρτη οι περιεκτικότητες του ασβεστίου είναι πολύ μικρές. Το γεγονός αυτό στηρίζεται πιθανόν στους διαφορετικούς τύπους των πετρωμάτων που υπάρχουν στην περιοχή, ασβεστόλιθοι για το Βόρειο κομμάτι και κρυσταλλικά πετρώματα στο Νότιο.

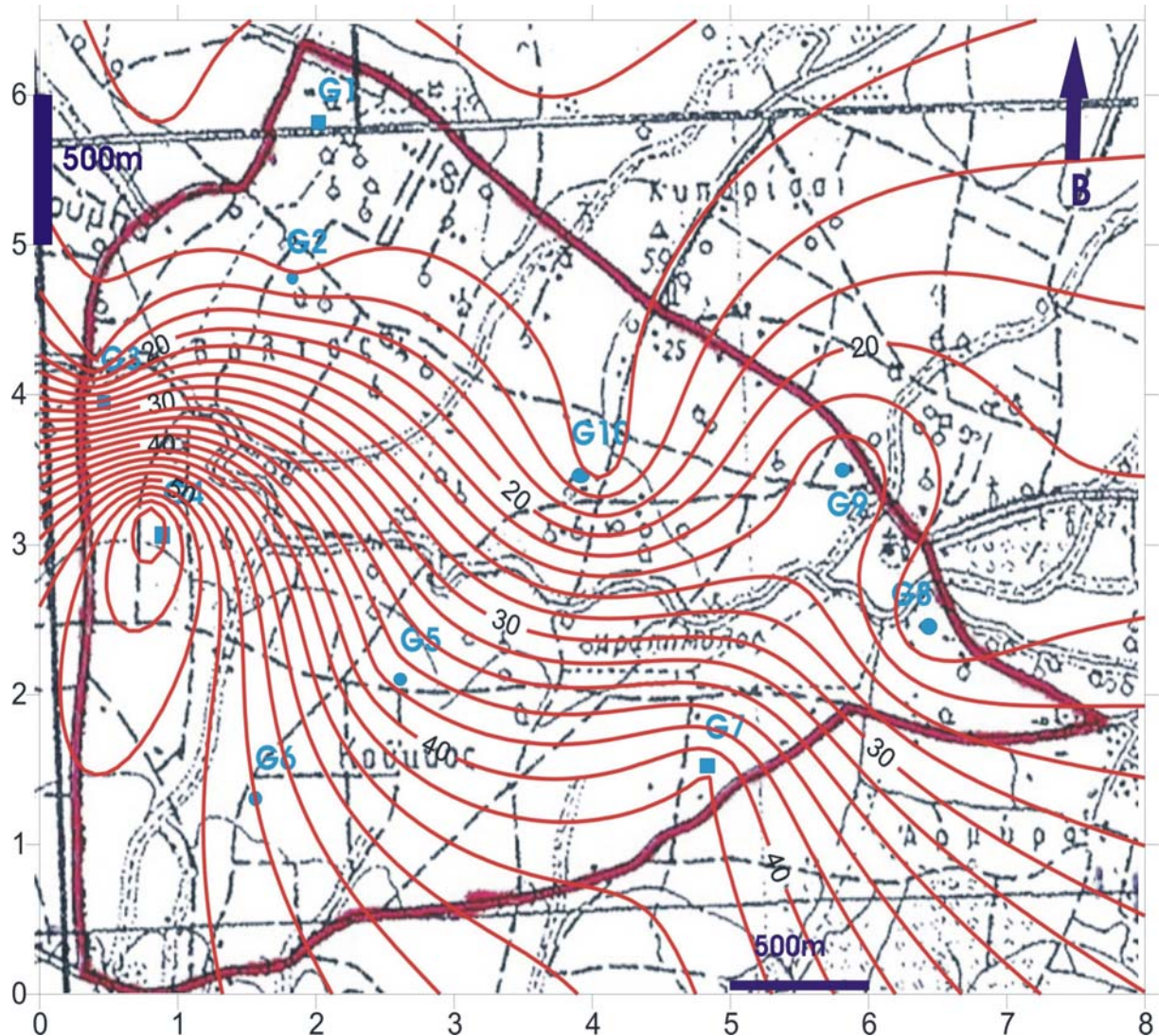
β) Το μαγνήσιο παρουσιάζει συνήθεις τιμές με μέσο όρο 37,8 mg/l, τιμή η οποία είναι κάτω από το ανώτατο όριο που χαρακτηρίζει το νερό ως πόσιμο (50 mg/l) (Βουδούρης, 2007). Σύμφωνα με τον πίνακα 4 μόνο μία γεώτρηση, η G7, έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μαγνήσιο, 59 mg/l, από το όριο ποσιμότητας.



Χάρτης 8. Καμπύλη κατανομής της περιεκτικότητας Mg

Στον χάρτη 8 παρουσιάζεται η κατανομή των ιόντων Mg. Από τις καμπύλες του χάρτη όπως και από τα αποτελέσματα των αναλύσεων που βρίσκονται στον πίνακα 4 παρατηρούμε μια ομοιόμορφη κατανομή του μαγνησίου. Στα κεντρικά και Νότιο-ανατολικά και κοντά στη γεώτρηση G7 παρατηρείται μία πολύ μικρή αύξηση του Mg.

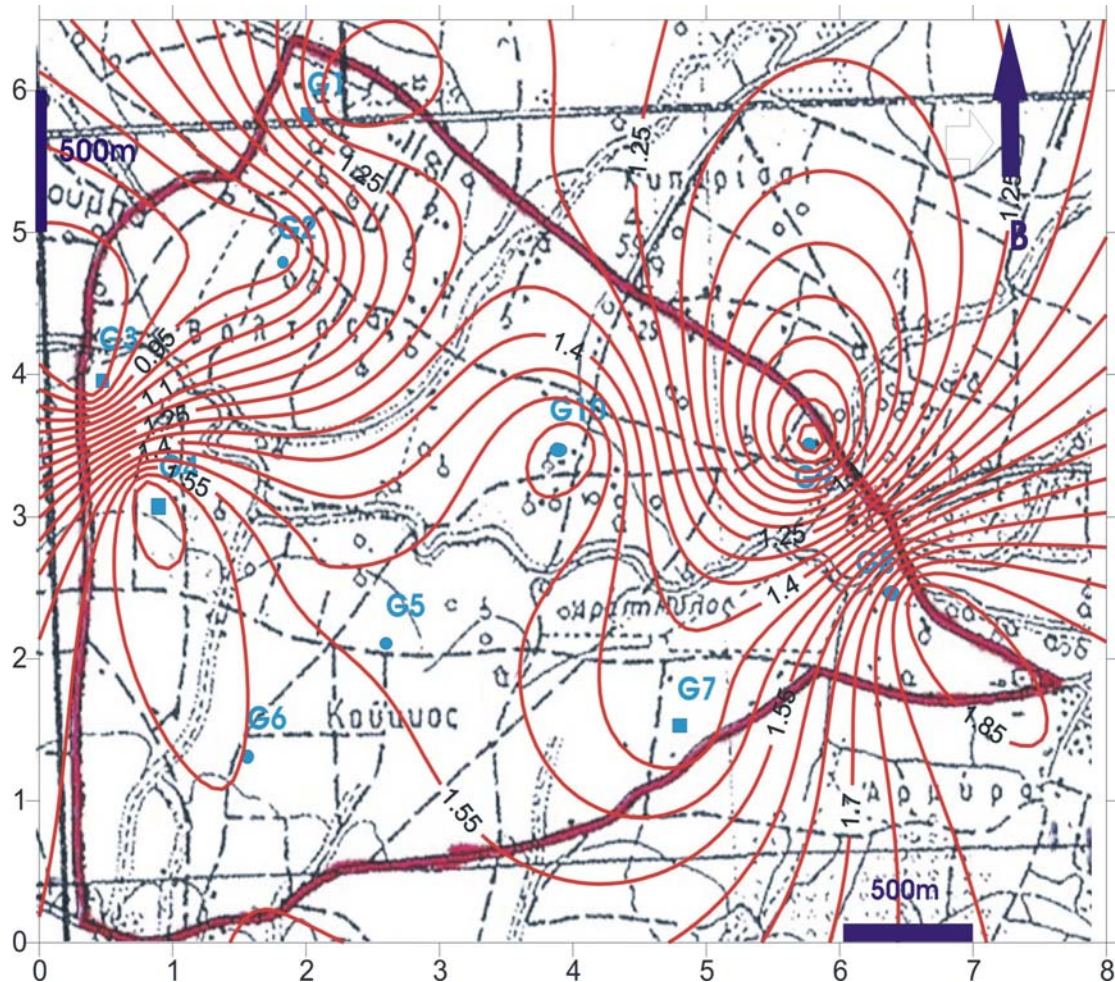
γ) Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης για το νάτριο είναι τα 20 mg/l. Οι τιμές που πήραμε για τις εννέα γεωτρήσεις κυμαίνονται κοντά σε αυτήν την τιμή και έχουν μέσω όρο 28 mg/l. Οι τιμές αυτές (πίνακας 4) χαρακτηρίζουν το νερό ως πόσιμο.



Χάρτης 9. Καμπύλη κατανομής της περιεκτικότητας Na

Ο χάρτης 9 παρουσιάζει την κατανομή ιόντων νατρίου. Παρατηρούμε μία ομοιόμορφη κατανομή σε όλον τον χάρτη με μια μικρή αύξηση στο κέντρο – Δυτικό κομμάτι του χάρτη. Οι ποσότητες αυτές των ιόντων σε όλη την έκταση της περιοχής της μελέτης μπορούν να χαρακτηριστούν ως ιδανικές με εξαίρεση την γεώτρηση G4 που είναι λίγο υψηλές.

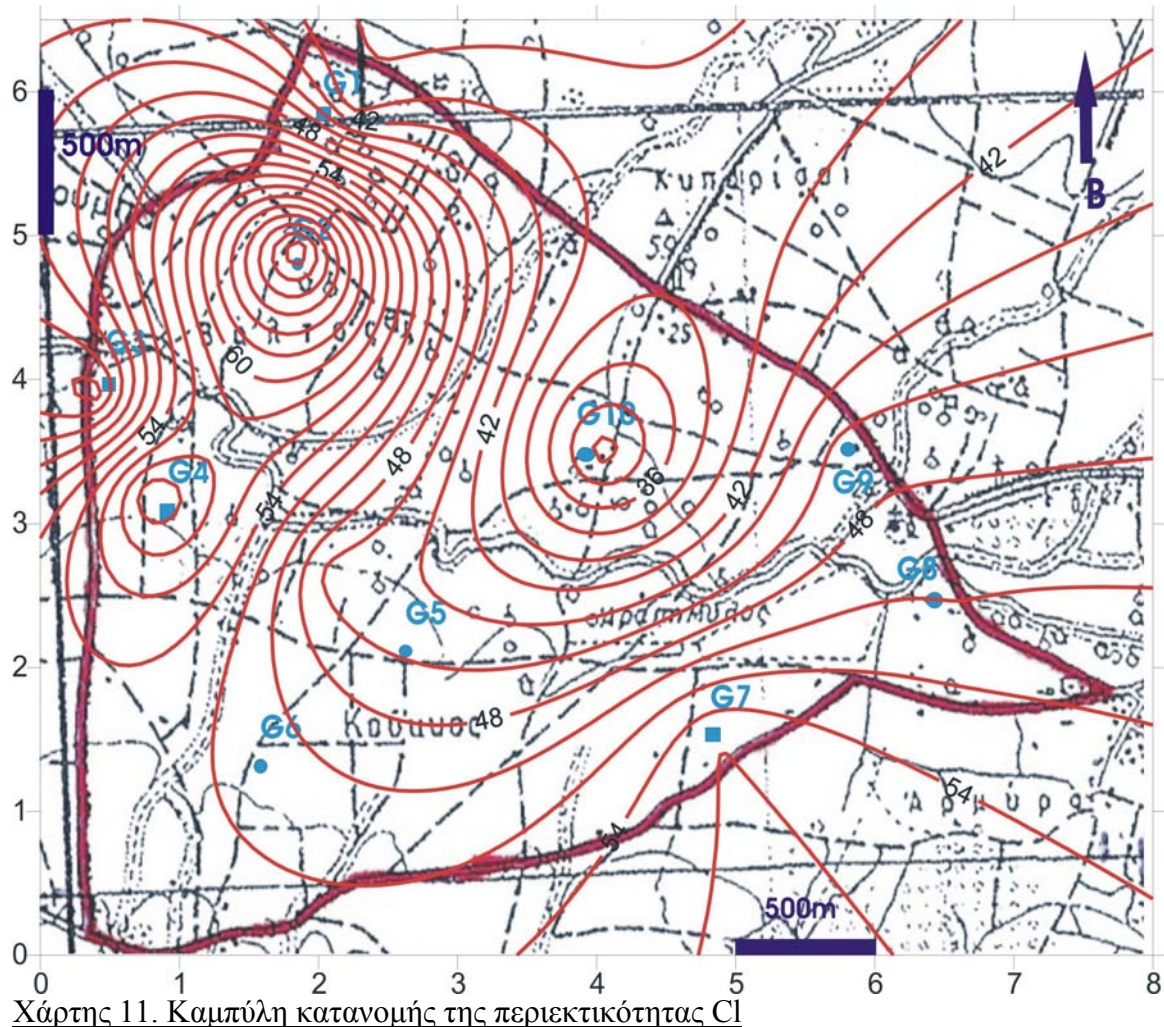
δ) Η περιεκτικότητα της περιοχής σε κάλιο κατά μέσο όρο είναι 1,3 mg/l ποσοστό το οποίο είναι πολύ κατώτερο του ορίου που καθορίζει η Ε.Ε. ως πόσιμο νερό [(10-12 mg/l (Βουδούρης, 2007)]. Σε καμία από τις θέσεις δεν παρατηρούνται υψηλές τιμές. Με βάση την παράμετρο αυτήν, το νερό μπορεί να χαρακτηριστεί πόσιμο.



Χάρτης 10. Καμπύλη κατανομής της περιεκτικότητας Κ

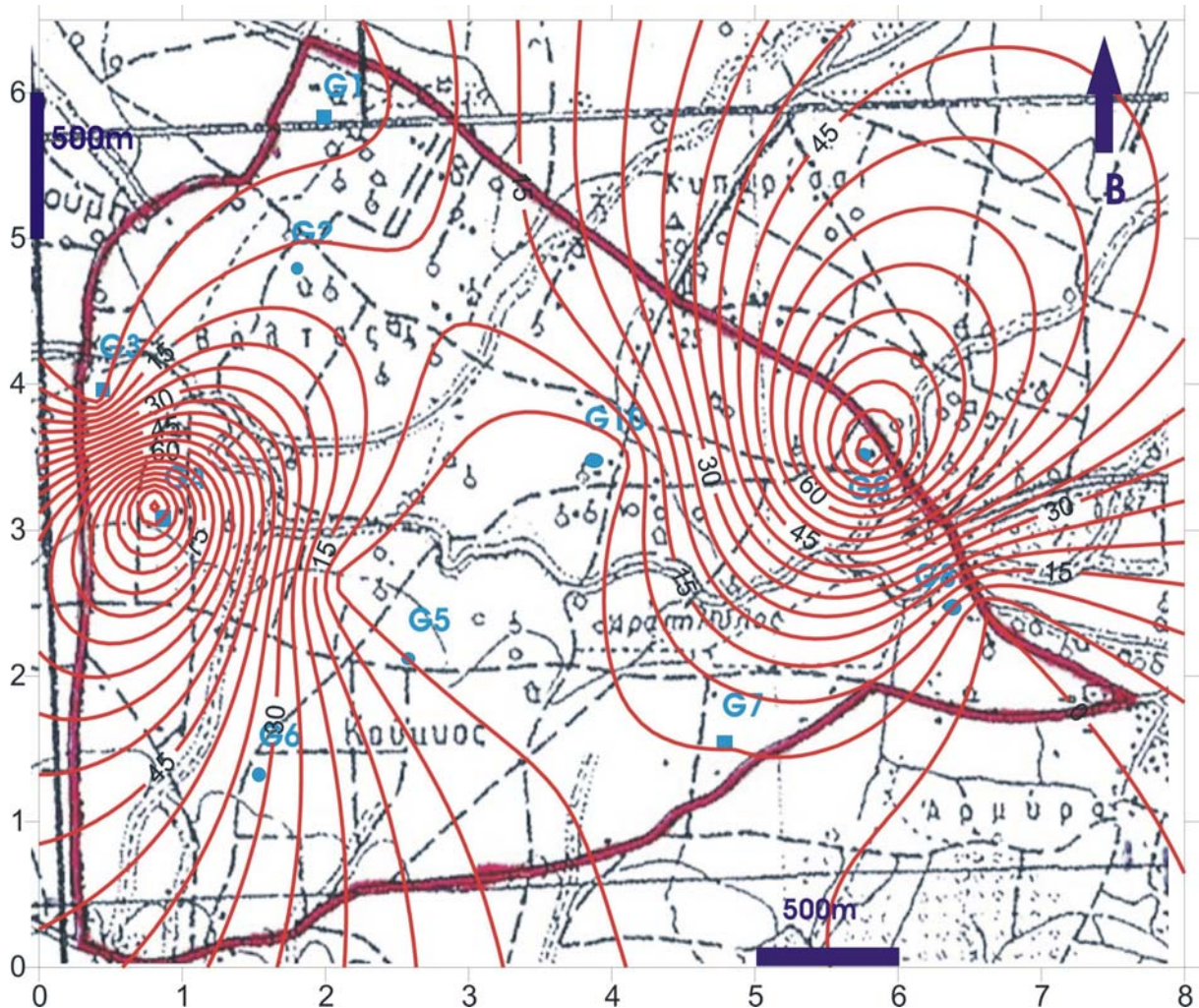
Ο χάρτης 10 παρουσιάζει την κατανομή του καλίου στην περιοχή μελέτης. Οι ποσότητες είναι χαμηλές και οι τιμές είναι σχετικά ομοιόμορφα κατανεμημένες.

ε) Το χλώριο της περιοχής παρουσιάζει αρκετά υψηλές τιμές. Το ενδεικτικό όριο της Ε.Ε. για το χαρακτηρισμό του νερού ως πόσιμο είναι 25 mg/l ενώ στη περιοχή της μελέτης οι τιμές κυμαίνονται από 31 έως 74 mg/l με μέσο όρο 50 mg/l.



Ο χάρτης 11 παρουσιάζει την κατανομή των χλωριούχων. Παρατηρούμε μία ομοιόμορφη κατανομή σε όλον τον χάρτη με μία μικρή αύξηση στο Βόρειο – Δυτικό τμήμα της περιοχής της μελέτης. Οι ποσότητες αυτές των χλωριούχων σε σχέση με το ανώτερο όριο που είναι τα 250mg/l, χαρακτηρίζονται χαμηλές έως μέτριες.

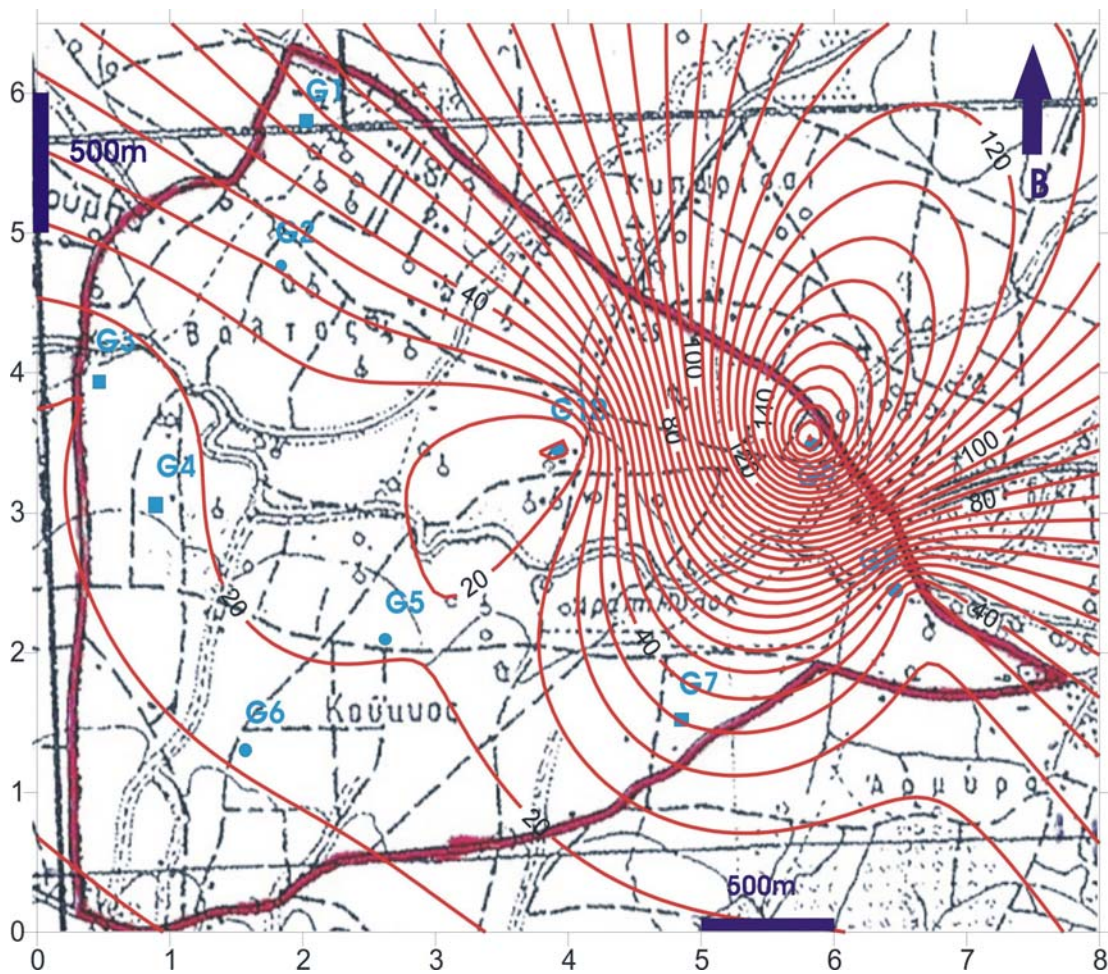
στ) Η θεική ρίζα παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις από 2 έως 104 mg/l. Ο μέσος όρος των τιμών είναι 27,1mg/l .



Χάρτης 12. Καμπύλη κατανομής της περιεκτικότητας SO_4

Στο χάρτη 12 παρουσιάζεται η κατανομή των θεικών. Παρατηρούμε στα Ανατολικά και στα Δυτικά δύο κέντρα με πολύ υψηλές τιμές θεικών. Οι τιμές αυτές είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από τις τιμές που υπάρχουν στο υπόλοιπο του χάρτη γεγονός που πιθανόν έχει να κάνει με την έντονη γεωργική δραστηριότητα και την χρήση λιπασμάτων που έχουν ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση της περιοχής.

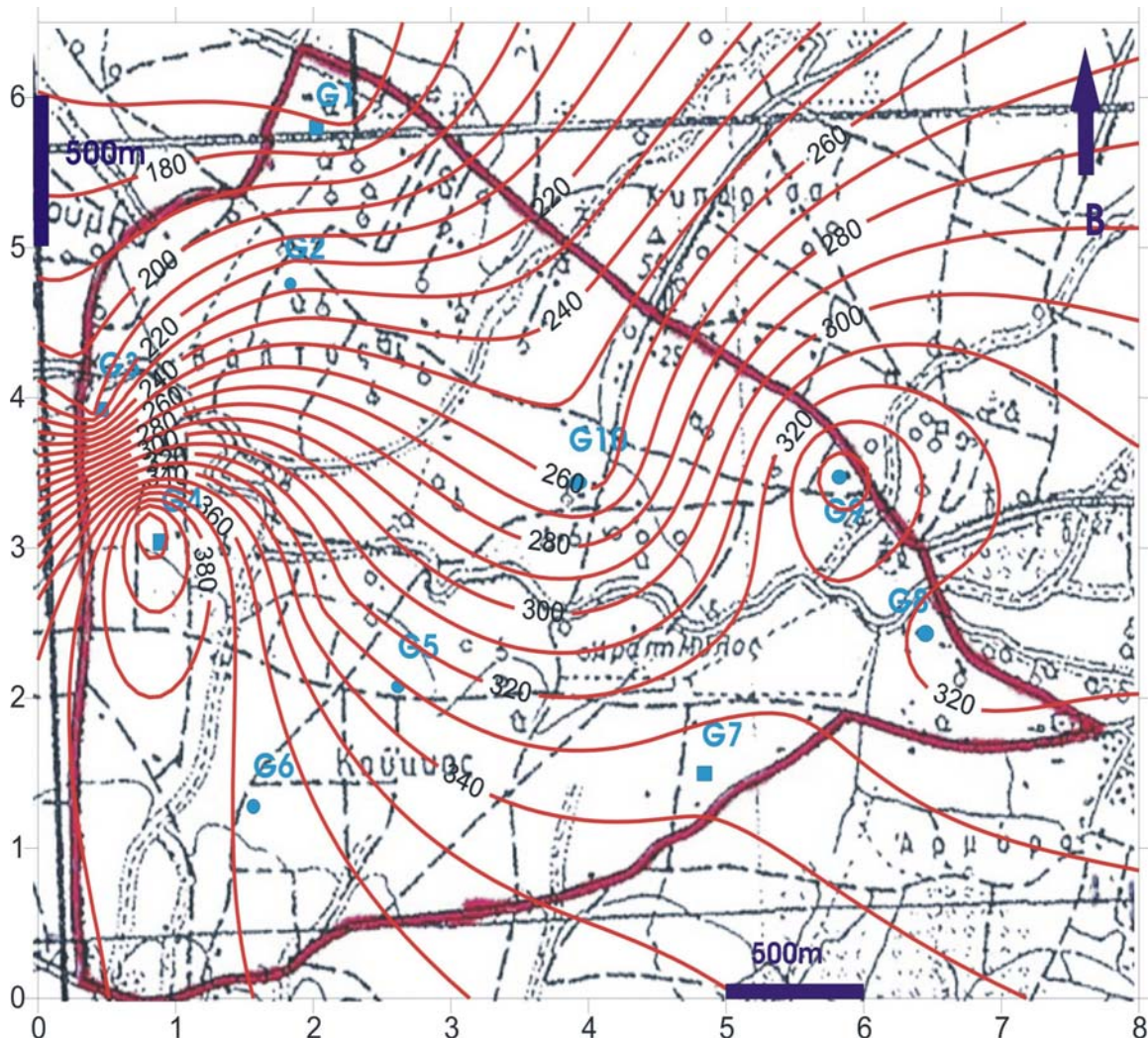
ζ) Η λεκάνη παρουσιάζει μέτριες περιεκτικότητες σε νιτρικά. Ο μέσος όρος είναι 44,04 mg/l τιμή κατώτερη του ανώτατου ορίου συγκέντρωσης νιτρικών (50 mg/l). Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν τιμές που κυμαίνονται κοντά στο ενδεικτικό όριο ποσημότητας. Εξαίρεση αποτελούν η γεώτρηση G1 που με τιμή 52 mg/l βρίσκεται ελάχιστα πάνω από την ανώτατη τιμή ποσημότητας (50 mg/l) και η γεώτρηση G9 με τιμή υπερβολικά υψηλή (172,48mg/l).



Χάρτης 13. Καμπύλη κατανομής της περιεκτικότητας NO_3

Στο χάρτη 13 παρουσιάζεται η κατανομή των νιτρικών ιόντων. Όπως παρατηρούμε υπάρχει στα Ανατολικά υψηλή συγκέντρωση νιτρικών ιόντων γύρω από τη γεώτρηση G9. Η ύπαρξη αυτής της συγκέντρωσης στηρίζεται στη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης. Η περιοχή είναι πεδινή και εφαρμόζεται εντατική γεωργία με χρήση λιπασμάτων. Επίσης η αυξημένη ποσότητα νιτρικών θα μπορούσε να στηρίζεται σε ρύπους από κάποιο στάβλο, λιπάσματα, κάποιο βόθρο και γενικότερα από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

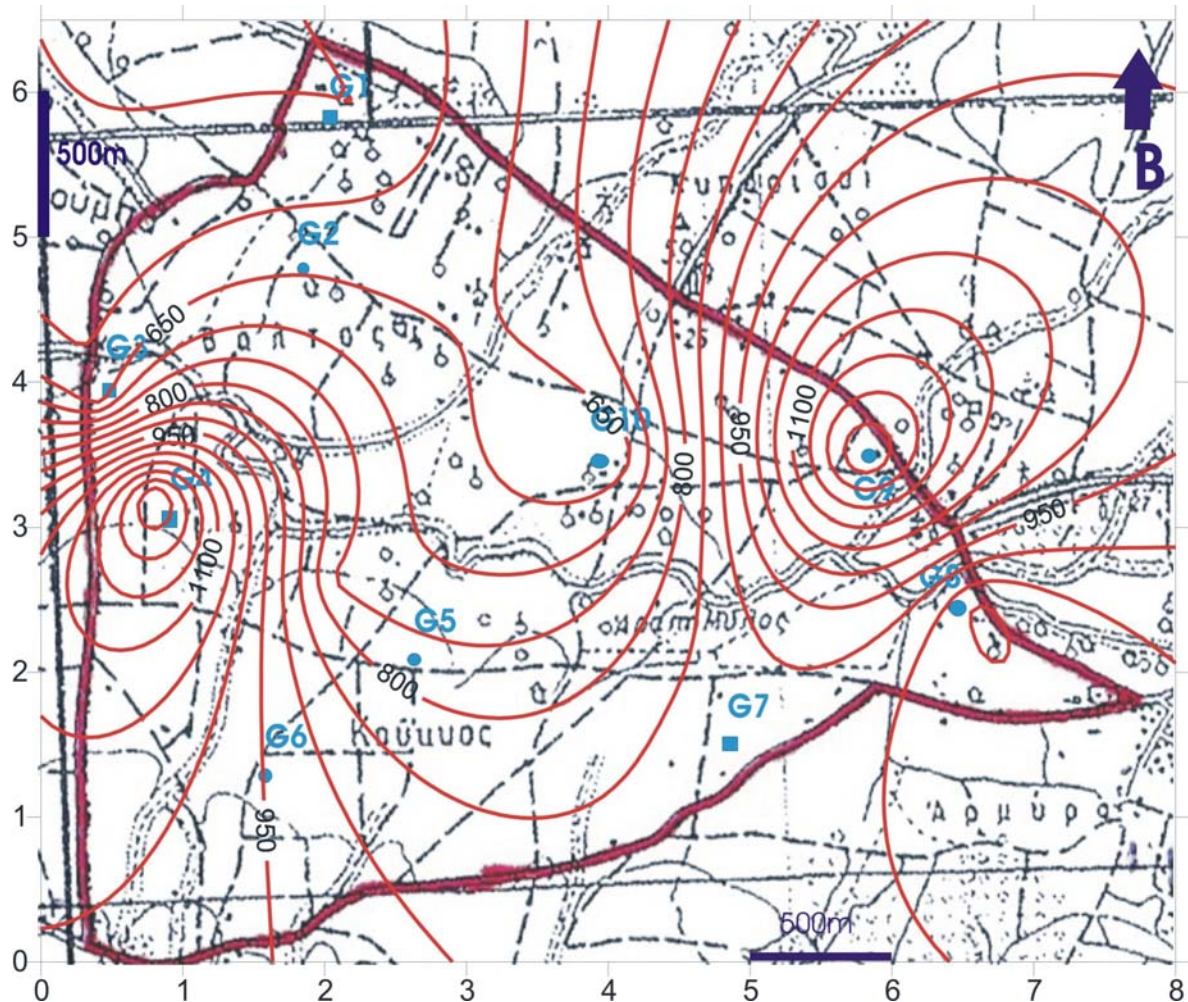
η) Τα όξινα ανθρακικά παρουσιάζουν υψηλές τιμές περιεκτικότητας με μέσο όρο 288,2 mg/l. Οι τιμές κυμαίνονται από 172 έως 410 mg/l δηλαδή η απόκλιση είναι αρκετά σημαντική.



Χάρτης 14. Καμπύλη κατανομής της περιεκτικότητας HCO_3

Ο χάρτης 14 παρουσιάζει την κατανομή των όξινων ανθρακικών. Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται δυτικά. Γενικώς οι ποσότητες σε όλη την περιοχή είναι πολύ υψηλές, γεγονός που πιθανόν έχει να κάνει με τα πετρώματα της περιοχής που είναι Ασβεστολιθικά. Μέσω του χάρτη και του διαγράμματος Piper αποδεικνύεται ότι το HCO_3 είναι το επικρατέστερο ανιόν και προσδίδει στο νερό της περιοχής έναν όξινο ανθρακικό χαρακτήρα.

θ) Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα νερά της περιοχής μελέτης έχει μέσο όρο 832,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Η τιμή αυτή είναι πολύ ψηλή και υπερβαίνει το όριο χαρακτηρισμού ως πόσιμο από την Ε.Ο.Κ. (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Σε καμία περιοχή της λεκάνης οι τιμές δεν βρίσκεται κοντά στην τιμή του ορίου (χάρτης 15).



Χάρτης 15. Καμπύλες κατανομής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Πίνακας 4. Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων

Γεώτρηση	Mg ²⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	pH	Αγωγιμότητα μS/cm	TDS mg/l
G1	27	45	13	1,3	172	44	3	52	7,8	550	350
G2	22	93	14	0,9	221	74	22	32	7,5	643	405
G3	37	38	26	0,8	210	41	5	15	7,23	651	394
G4	42	107	60	1,7	410	62	104	18,9	7,33	1311	840
G5	41	64	37	1,5	330	45	3	25	7,68	740	575
G7	59	40	41	1,4	337	56	5	34	7,7	887	568
G8	34,2	66	20	1,7	313	50	10	40	7,7	790	556
G9	43	129,6	26	0,8	347	47	90	172,48	7,39	1308	834
G10	35	48	15	1,6	254	31	2	14	7,61	611	391

Πίνακας 5: Όρια ποσिमότητας με βάση την Ευρωπαϊκή νομοθεσία Ε.Ο.Κ. Ευρωπαϊκή κοινότητα 30-8-1980

	Ενδεικτική τιμή	Ανώτατη τιμή
Cl ⁻	25	250
SO ₄ ²⁻	25	25
NO ₃ ⁻	25	50
Mg ²⁺	30	50
Na ⁺	20	175
K ⁺	10	12
Ca ²⁺	100	-
pH	6,5<8,5	-
Αγωγιμότητα	400	-

ι) Σύνολο διαλυμένων στερεών (**T.D.S.**). Σύμφωνα με τον Σούλιο (2006), μπορεί να εκφραστεί και ως συνολική αλατότητα. Εξαρτάται από τη διαλυτότητα των σχηματισμών οι οποίοι περιέχουν το υπόγειο νερό. Ο όρος αναφέρεται στη συνολική ποσότητα διαλυμένων αλάτων και κυμαίνεται μεταξύ 0 και 100.000 mg/l.

Αν οι τιμές του T.D.S. κυμαίνονται μεταξύ 0-1.000 mg/l το νερό είναι γλυκό (fresh), μεταξύ 10.00-10.000 mg/l θεωρείται υφάλμυρο (brackish), μεταξύ 10.000-100.000 mg/l αλμυρό (salt or saline) και για τιμές μεγαλύτερες των 100.000 mg/l υπεραλμυρό (brine). Το θαλασσινό νερό κατά μέσο όρο έχει 34.000 mg/l.

Το T.D.S. μπορεί να επηρεαστεί από τη διείσδυση της θάλασσας, την εξάτμιση του νερού και τη διάλυση ορυκτής ύλης. Το πλεόνασμα του αρδευτικού νερού που διηθείται στον υδροφόρο αυξάνει το T.D.S. Μεγάλες τιμές αλατότητας απαντώνται σε υδροφόρους ξηρών περιοχών και σε λεκάνες με κακή στράγγιση. Στις παράκτιες περιοχές τα αερομεταφερόμενα άλατα αποτελούν μια σημαντική πηγή αλατότητας των υπόγειων νερών.

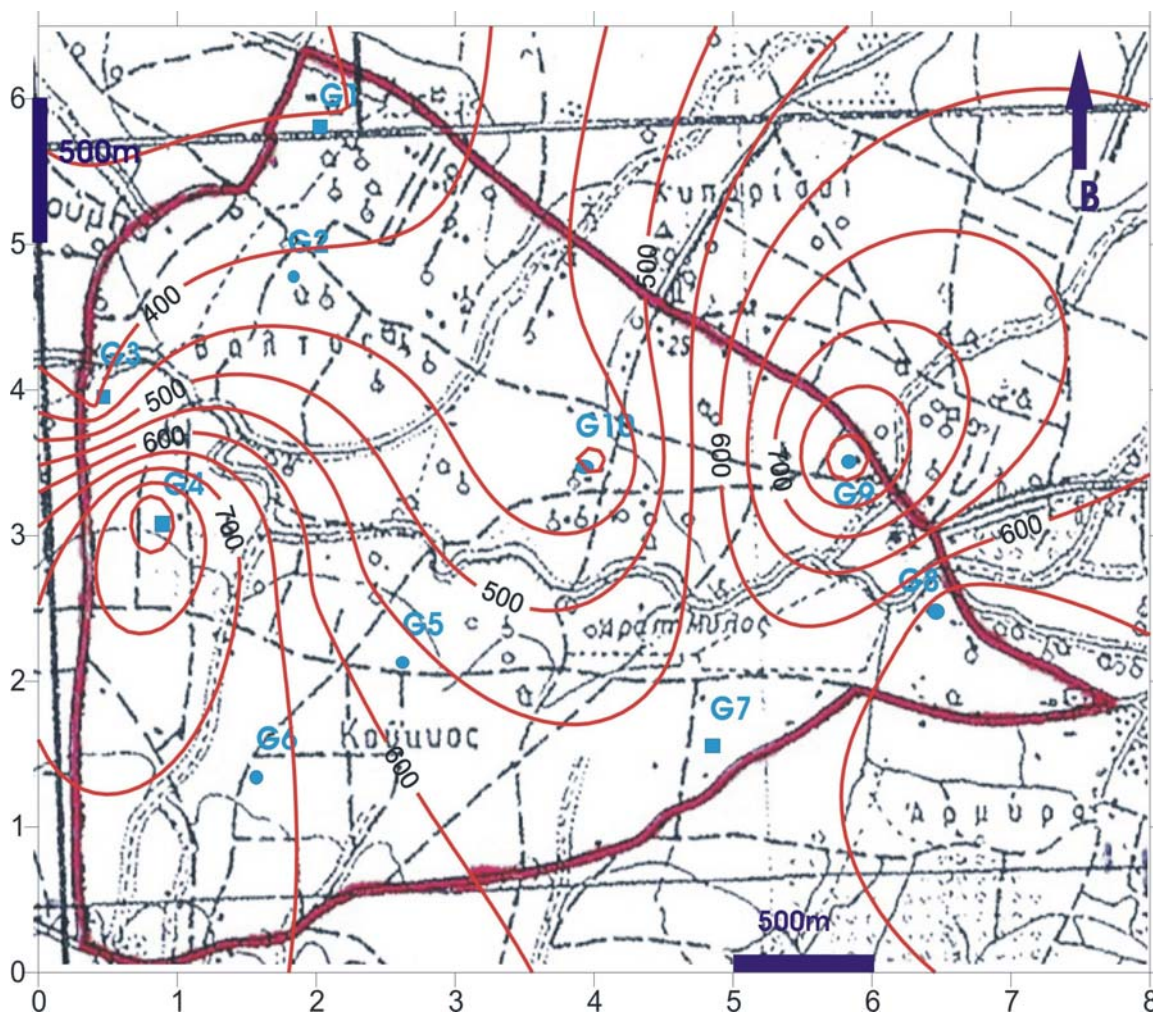
Τα υπόγεια νερά έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις διαλυμένων αλάτων από τα επιφανειακά και η αλατότητα γενικά είναι μεγαλύτερη σε περιοχές, όπου η κίνηση του νερού είναι μικρότερη. Έτσι η αλατότητα αυξάνεται με το βάθος.

Πίνακας 6. Τύπος νερού T.D.S.

ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	T.D.S.
Γλυκά νερά	<1000
Υφάλμυρα νερά	1000-10000
Αλμυρά νερά	10000-35000
Υπέραλμυρα νερά (σαλαμούρες)	>35000

Στη περιοχή της μελέτης το T.D.S. έχει μέσο όρο 540,3 mg/l. Όλες οι τιμές είναι <1000mg/l οπότε το κατατάσσουμε στα γλυκά νερά (πίνακας 5).

Η συνολική συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων χρησιμοποιείται ως κριτήριο για την επίδραση της ποιότητας του αρδευτικού νερού στην γεωργική απόδοση. Έτσι σύμφωνα με τον Καλλέργη (1986) γίνεται η παρακάτω διάκριση (πίνακας 7).



Χάρτης 16. Καμπύλη κατανομής T.D.S. (mg/l)

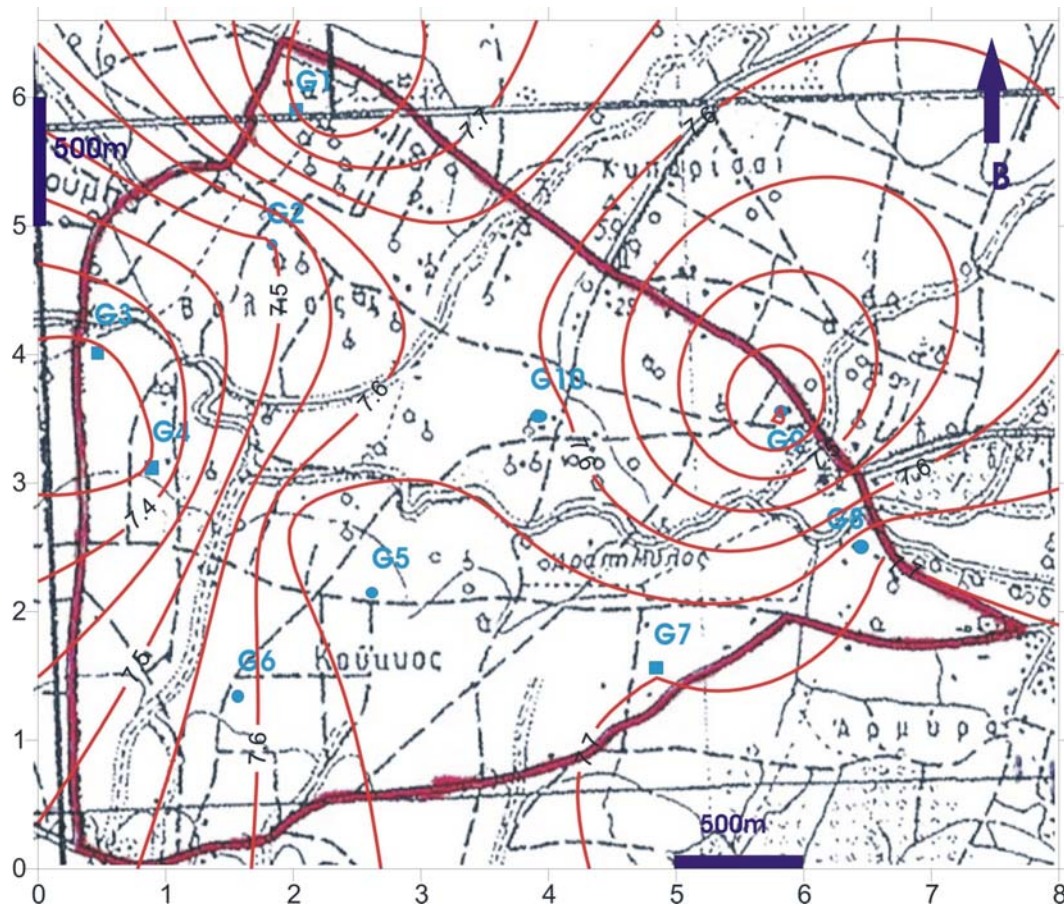
Πίνακας 7. Ποιότητα νερού για άρδευση με βάση το T.D.S. (από Καλλέργη 1986).

Προβλήματα και ποιοτικές παράμετροι, επίδραση αλατότητας στην καρποφορία	Κανένα πρόβλημα	Αυξανόμενα προβλήματα	Σοβαρά προβλήματα
T.D.S.	<480	480-1920	>1920

Στην περιοχή μελέτης η συνολική συγκέντρωση σε διαλυμένα άλατα στο νερό κυμαίνεται από 350 έως 840 mg/l. Το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι η γεωργική απόδοση δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα στις περιοχές στο Βόρειο τμήμα του χάρτη (γεωτρήσεις G1, G2, G3 και G10, χάρτης 16), ενώ αντίθετα στο κεντρικό και νότιο τμήμα παρουσιάζει αυξανόμενα προβλήματα (γεωτρήσεις G4, G5, G7, G8 και G9, χάρτης 16) (πίνακας 6).

κ) Ενεργός οξύτης (pH). Το νερό της περιοχής έχει pH με μέσο όρο 7,56. Σύμφωνα με τον Βουδούρη 2007, ενεργός οξύτης είναι η συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ που περιέχεται στο διάλυμα και εκφράζεται με το pH, δηλαδή με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων H_3O^+ . Ο προσδιορισμός του pH γίνεται χρωματομετρικά και ηλεκτρομετρικά.

Το pH του υπόγειου νερού καθορίζεται από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις και ισορροπίες μεταξύ των διαλυμένων ιόντων μέσα σ' αυτό. 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 στην συγκέντρωση οργανικού υλικού, που εκλύει CO_2 όταν αποσυντίθεται.



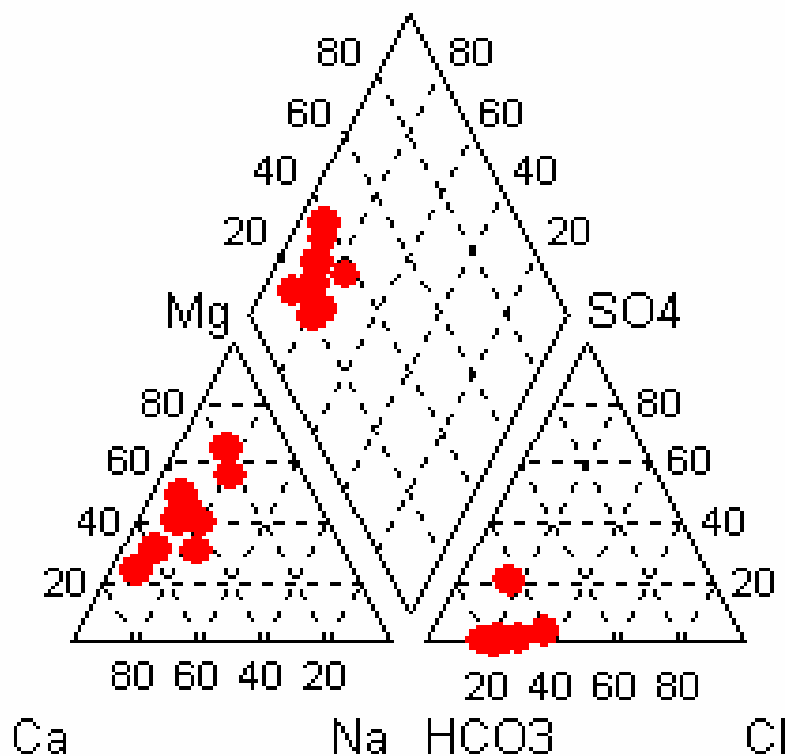
Χάρτης 17. Καμπύλες κατανομής pH

Σύμφωνα με τ' αποτελέσματα των μετρήσεων που δίνονται στον πίνακα 4 το pH της περιοχής κυμαίνεται από 7,23 έως 7,8. Το νερό χαρακτηρίζεται αλκαλικό και η υδάτινη μάζα νέα. Στον χάρτη 17 παρατηρούμε την κατανομή του χάρτη σε όλη την περιοχή μελέτης.

6.β. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ PIPER

Το τριγωνικό διάγραμμα κατά **Piper** (σχήμα 8), αποτελείται από δυο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα και ένα ενδιάμεσο ρομβικό που στο σύνολο συνιστούν το τρίγωνο. Η θέση του αντίστοιχου δείγματος νερού μέσα στο διάγραμμα το κατατάσσει μέσα σε μία κατηγορία, τόσο ως προς τα κατιόντα ή τα ανιόντα όσο και ως προς το σύνολο. Δίνει επομένως την υδροχημική φάση του δείγματος. Για την εφαρμογή του χρησιμοποιούνται ως μονάδες meq/l και μάλιστα εκατοστιαία συμμετοχή κάθε ιόντος χωριστά για κατιόντα και χωριστά για ανιόντα.

Σύμφωνα με το διάγραμμα, όλα τα δείγματα ανήκουν στα ανθρακικά ως προς τα ανιόντα. Ως προς τα κατιόντα τα δείγματα ανήκουν στα ασβεστιτικά. Ενώ με βάση τα ανιόντα και τα κατιόντα (ρόμβος) τα δείγματα ανήκουν στα ασβεστο-μαγνησιούχα ανθρακικά.

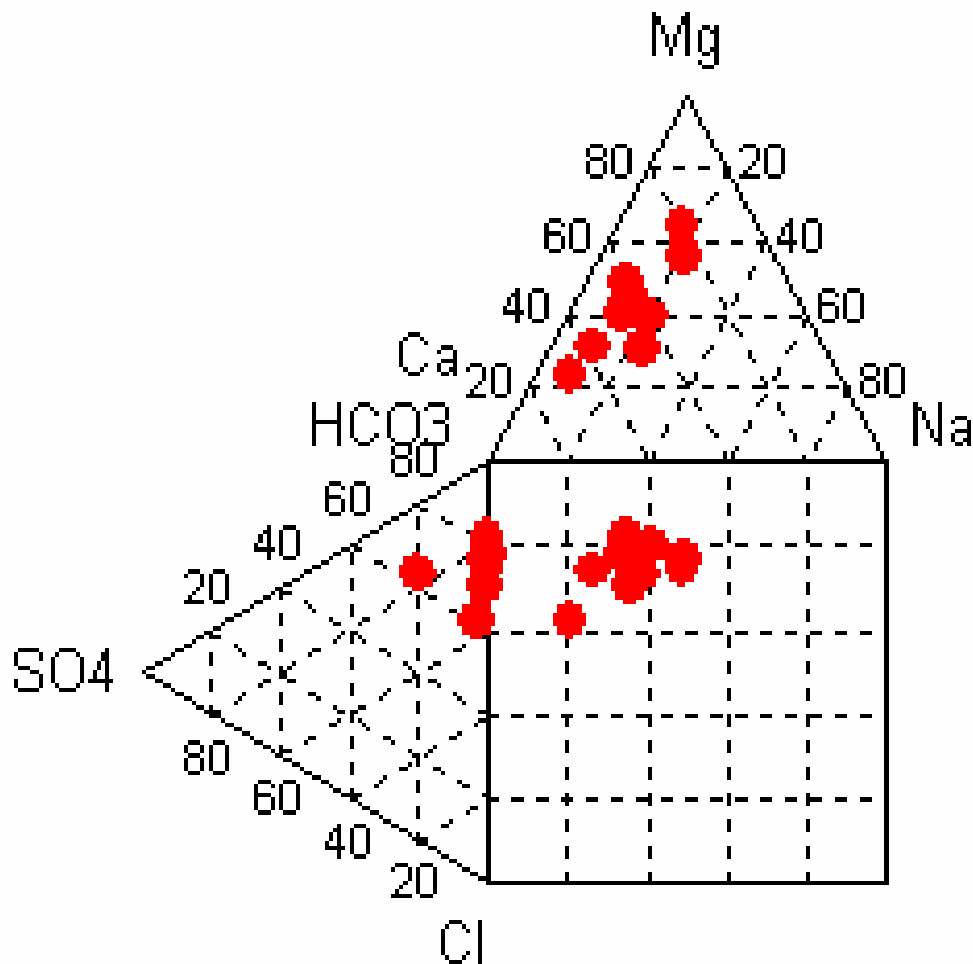


Σχήμα8. Διάγραμμα Piper

6.γ. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ DUROV

Η πιο εύχρηστη παραλλαγή του, σύμφωνα με τον Σούλιο (2006), είναι αυτή με δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα, (σχήμα 9), που συνδέονται με ένα τετράγωνο, διαχωριζόμενο σε 9 επιμέρους τετραγωνίδια, τα οποία αντιστοιχούν σε κατηγορίες νερού, αλλά και σε περιοχές στις οποίες συμβαίνουν στο νερό διάφορες υδροχημικές διαδικασίες.

Για την εφαρμογή του διαγράμματος Durov χρησιμοποιούνται ως μονάδες meq/l και μάλιστα η εκατοστιαία αναλογία τους στα κατιόντα και στα ανιόντα χωριστά.



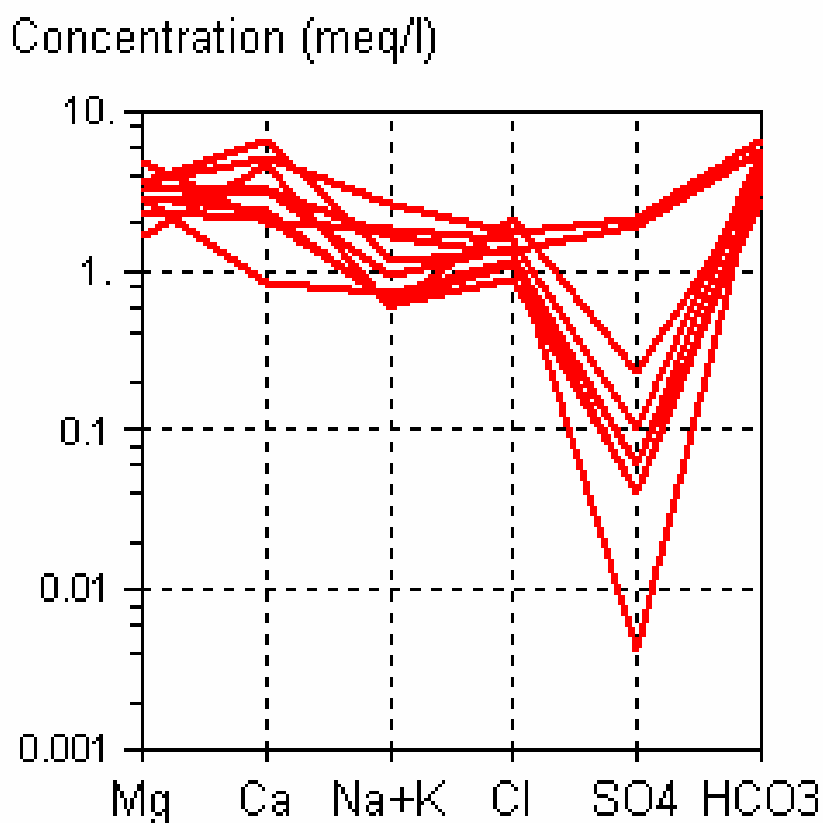
Σχήμα 9. Διάγραμμα Durov

6.8 ΗΜΙΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SCHOELLER

Πρώτο - εισήχθη από τον Schoeller (1955). Πρόκειται, σύμφωνα με τον Σούλιο 2006, για ένα διάγραμμα που στον κατακόρυφο άξονα έχει τιμές διαφόρων ιόντων σε meq/l σε ημιλογαριθμική κλίμακα και στον οριζόντιο σε δεκαδική κλίμακα τα διάφορα ιόντα με την εξής σειρά: Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$, Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} ($+\text{CO}_3^{-}$) (σχήμα 10).

Είναι σαφές ότι όταν η καμπύλη αυτή έχει το κυρτό της μέρος προς τα πάνω το νερό είναι υφάλμυρο. Όταν έχει το κοίλο είναι γλυκό νερό. Ακόμη όσο πιο πάνω βρίσκεται αυτή, τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα.

Σύμφωνα με το σχήμα του δικού μας διαγράμματος το νερό είναι γλυκό.



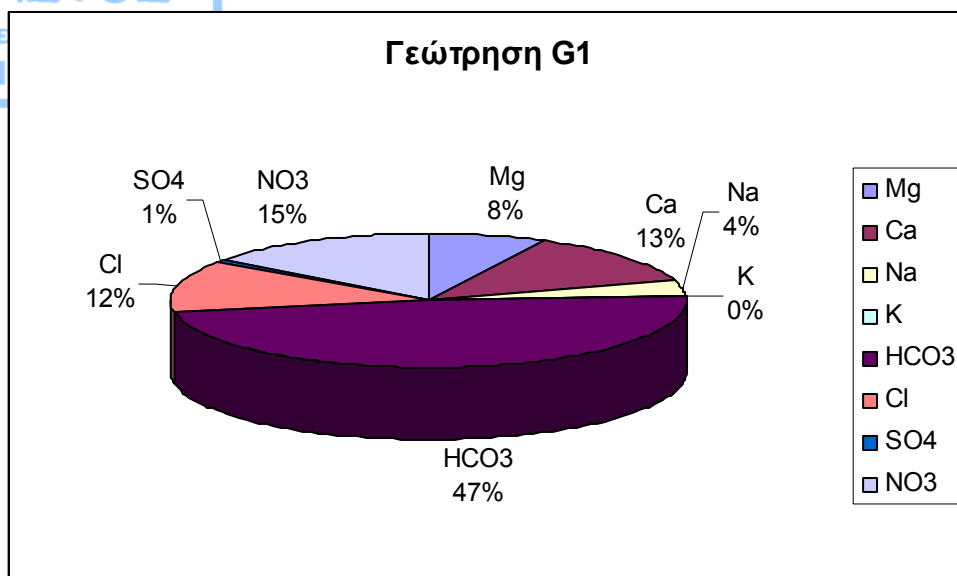
Σχήμα 10. Ημιλογαριθμικό διάγραμμα SCHOLLER

Επίσης μετά από το γενικό χαρακτηρισμό με τη βοήθεια των διαγραμμάτων, τα δείγματα νερού χαρακτηρίστηκαν και με τη βοήθεια του λογισμικού Aqua Chem. Οι τύποι νερού που βρέθηκαν δίνονται στον πίνακα 8.

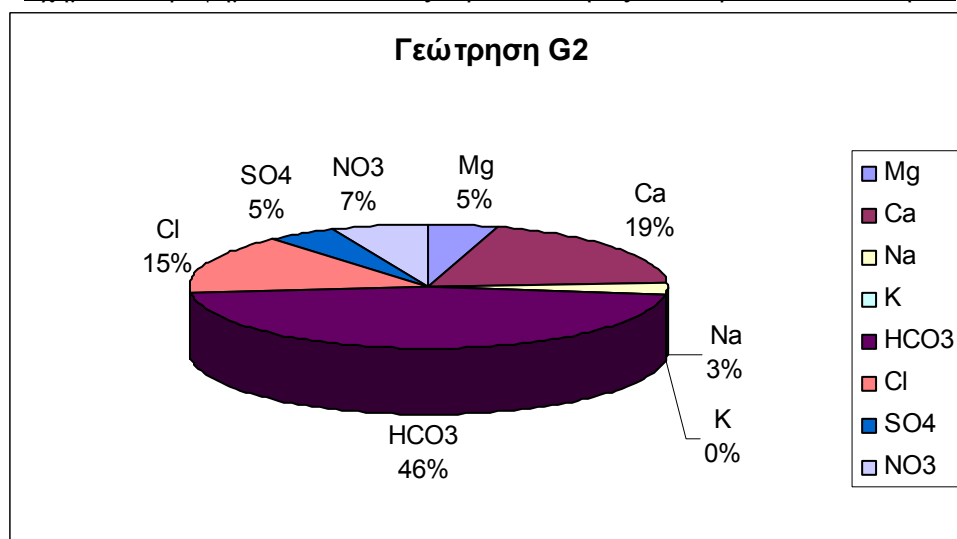
Γεώτρηση	Τύπος νερού
G1	Mg – Ca – HCO ₃ – Cl
G2	Ca – Mg – HCO ₃ – Cl
G3	Mg – HCO ₃ – Cl
G4	Ca – Mg – Na – HCO ₃
G6	Mg – Ca – Na – HCO ₃
G7	Mg – Ca – Na – HCO ₃
G8	Ca – Mg – HCO ₃ – Cl
G9	Ca – Mg – HCO ₃ – NO ₃
G10	Mg – Ca – HCO ₃

Σύμφωνα με τον πίνακα 8 παρατηρούμε ότι ενώ συνολικά κυριαρχεί ο ασβεστομαγνησιούχος – ανθρακικός τύπος, στο νότιο κομμάτι ο τύπος γίνεται πιο νατριούχος. Η κατάσταση αυτή ίσως οφείλεται στην γεωλογία της περιοχής. Στο βόρειο τμήμα κυριαρχούν ασβεστολιθικού τύπου πετρώματα ενώ στο νότιο τμήμα όχι.

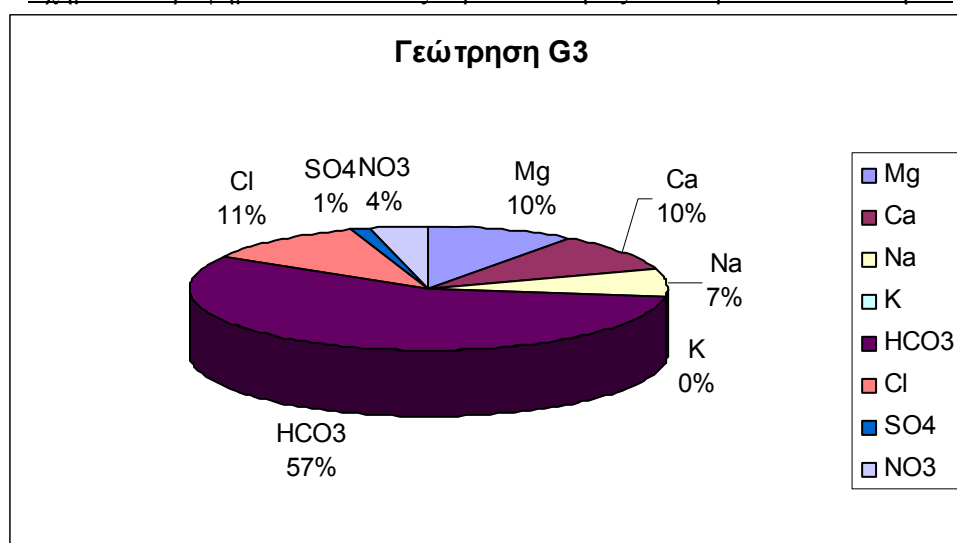
Στα παρακάτω σχήματα (11 έως 19) παρουσιάζονται τα κυκλικά διαγράμματα της εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων σε κάθε μια γεώτρηση. Από τα διαγράμματα αυτά επιβεβαιώνονται τα αποτελέσματα του πίνακα 8 και προκύπτει ότι ο κυρίαρχος τύπος είναι ο ασβεστομαγνησιούχος – ανθρακικός τύπος, **Ca(Mg)-HCO₃(Cl)**.



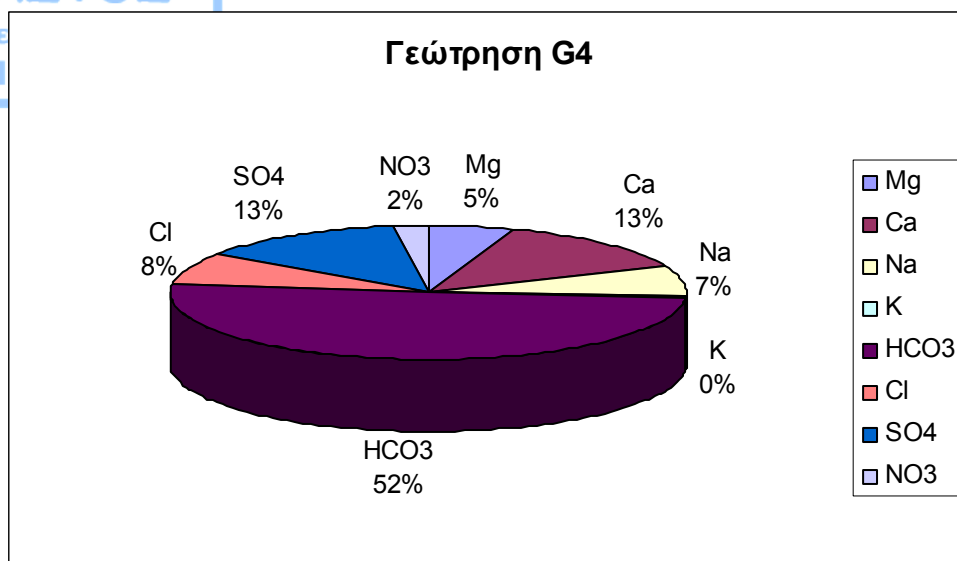
Σχήμα 11. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G1



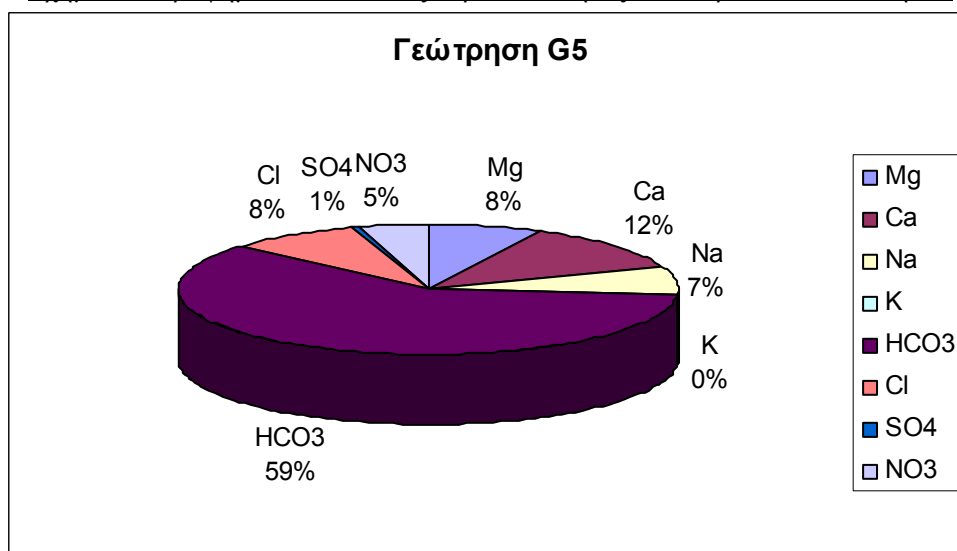
Σχήμα 12. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G2



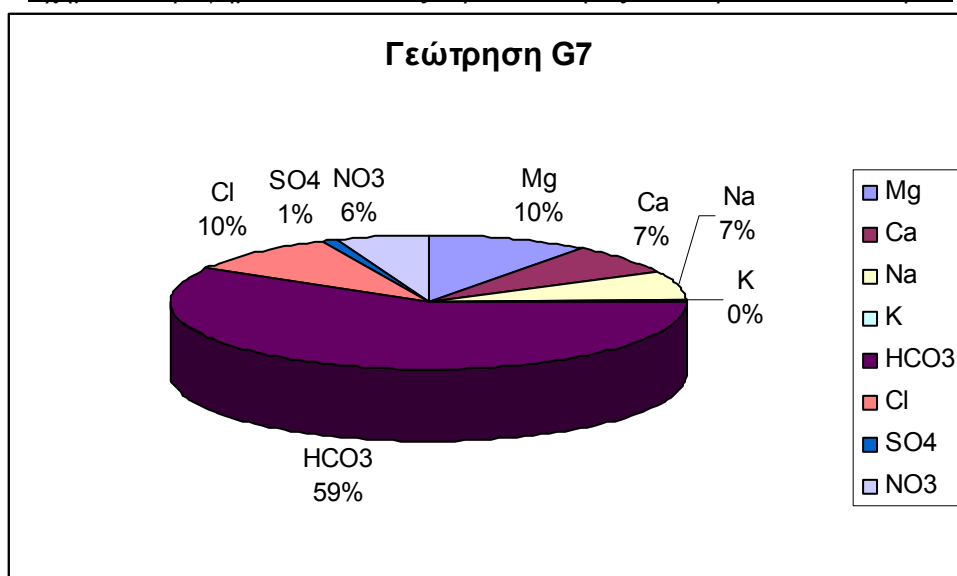
Σχήμα 13. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G3



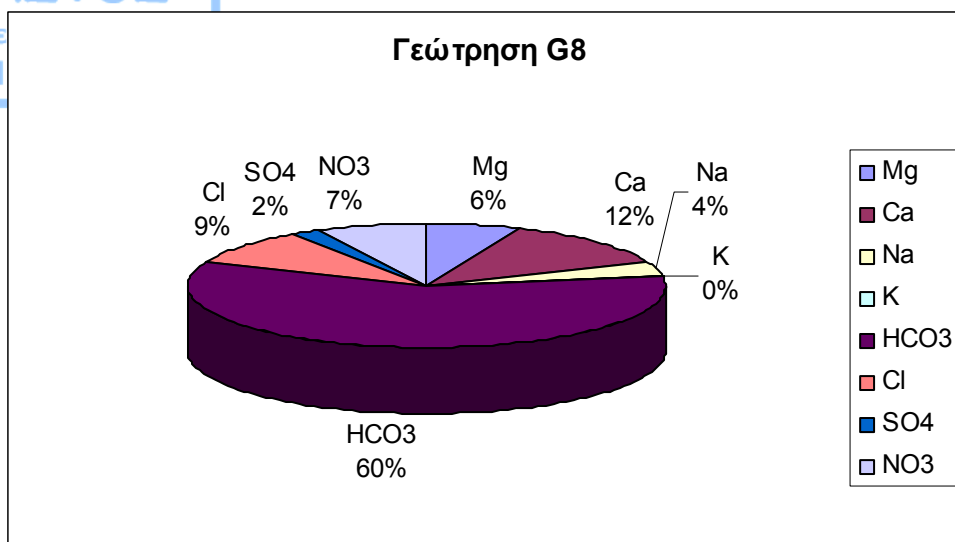
Σχήμα 14. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G4



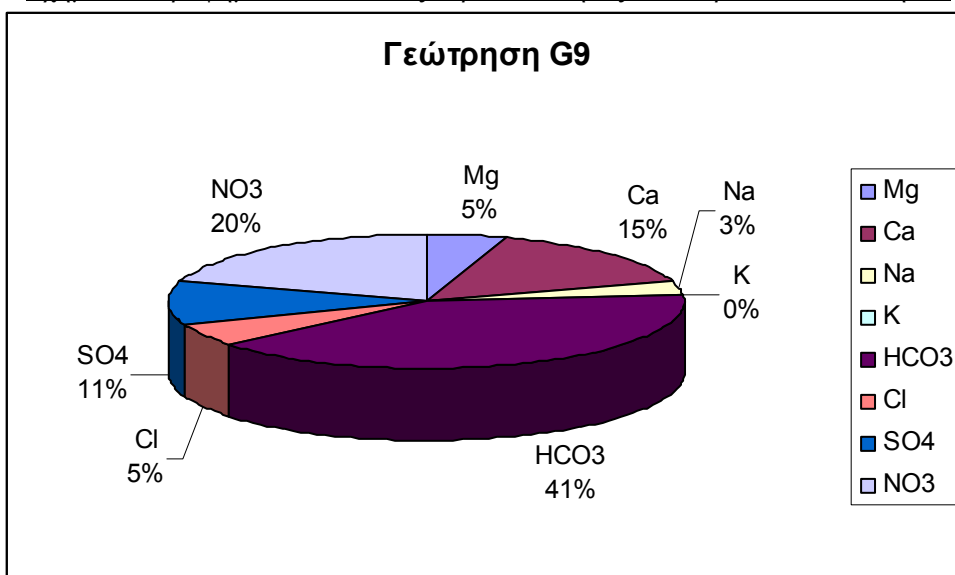
Σχήμα 15. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G5



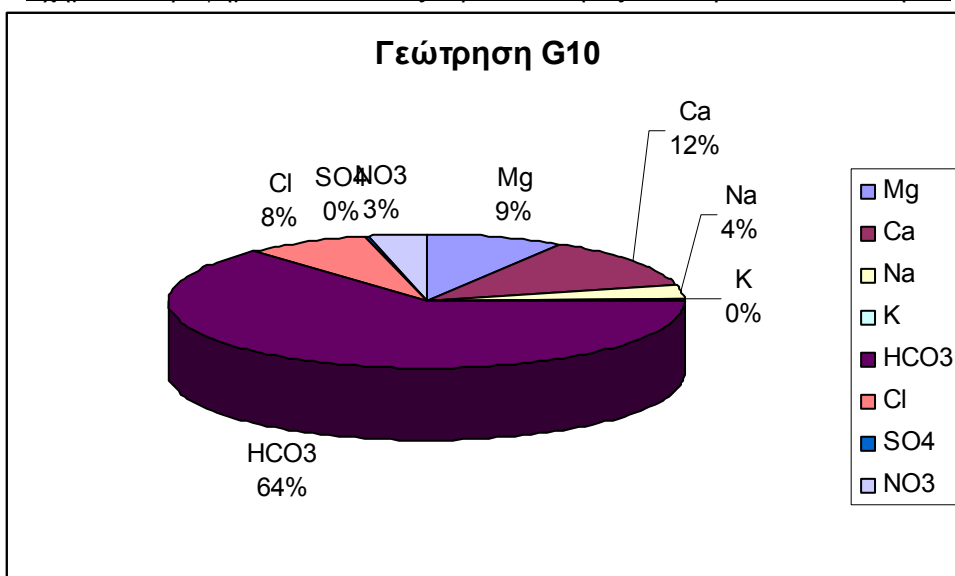
Σχήμα 16. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G7



Σχήμα 17. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G8



Σχήμα 18. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G9



Σχήμα 19. Γράφημα εκατοστιαίας περιεκτικότητας των κύριων ιόντων στη G10

6.ε. ΙΟΝΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ

Ο ιοντικός λόγος παίρνει είτε τιμές που σχετίζονται με τα πετρώματα μέσα στα οποία φιλοξενείται το νερό, ή μέσα από τα οποία πέρασε, είτε τιμές που σχετίζονται με τον βαθμό ανανέωσης του ή την ανάμιξη του με θαλασσινό νερό κλπ. Η ιοντική ισορροπία εκφράζεται με τους ιοντικούς λόγους και είναι δηλωτική για πολλά πράγματα από την υπόγεια πορεία του νερού, το χρόνο παραμονής του, την ανάμιξη του ιδίως με θαλασσινό νερό κλπ. Οι κυριότεροι ιοντικοί λόγοι, σύμφωνα με τον Σούλιο 2006, είναι οι εξής :

α) ιοντικός λόγος Mg/Ca

I) $Mg / Ca < 0,5 - 0,7 \text{ meq/l}$ αντιστοιχούν σε νερό από ασβεστολιθικά υδροφόρα.

II) $Mg/Ca = 0,7 - 0,9 \text{ meq/l}$ αντιστοιχούν σε δολομιτικά υδροφόρα στρώματα.

III) $Mg/Ca > 0,9 \text{ meq/l}$ αντιστοιχούν σε υδροφόρων οφειολιθικών σχηματισμών ή γενικά πυριτικά πετρώματα

Ο λόγος μεταβάλλεται πολύ έντονα στη λεκάνη μελέτης και παίρνει τιμές από 0,39 έως 2,42 meq/l. Στο Βόρειο τμήμα της περιοχής, στον οποίο περιλαμβάνονται οι γεωτρήσεις G2, G9 και G10, παρατηρούνται τιμές $Mg / Ca < 0,5 - 0,7 \text{ meq/l}$ που σημαίνει ότι το νερό βρίσκεται μέσα σε ασβεστολιθικό υδροφόρο. Στο Βόρειο τμήμα της περιοχής βρίσκονται και οι γεωτρήσεις G1 και G8 για τις οποίες οι τιμές αντίστοιχα είναι 0,97 meq/l και 0,848 meq/l. Παρατηρούμε ότι αυτές οι τιμές δεν τις εντάσσουν στην ομάδα 1 ($Mg / Ca < 0,5 - 0,7 \text{ meq/l}$) αλλά στην ομάδα 2 ($Mg/Ca = 0,7 - 0,9 \text{ meq/l}$) που σημαίνει πως το νερό αντιστοιχεί σε δολομιτικά υδροφόρα στρώματα. Παρόλο αυτά και επειδή οι τιμές των G1 και G8 βρίσκονται κοντά στις τιμές της ομάδας 1, η μικρή αυτή διαφορά μπορεί να στηρίζεται πιθανόν σε κάποιο μικρό λάθος στην μέτρηση το οποίο δεν επηρεάζει την μελέτη της λεκάνης.

Το Νότιο τμήμα της λεκάνης το οποίο περιέχει τις γεωτρήσεις G3, G4, G5, G7 και G10 αντιστοιχούν σε υδροφόρα οφειολιθικών σχηματισμών.

β) Ιοντικός λόγος Na/Cl

I) $Na/Cl = 0,876 \pm 10\%$ κανονικό υπόγειο νερό

II) $Na/Cl > 1$ νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα

III) $Na/Cl < 0,876 \pm 10\%$ σημαίνει υφαλμύρωση υδροφορέα

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του ιοντικού λόγου Na/Cl το Βόρειο – Βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής που περιέχει τις γεωτρήσεις G1, G2 και G8 ανήκει στο $Na/Cl < 0,876 \pm 10\%$ που σημαίνει υφαλμύρωση

υδροφορέα. Οι γεωτρήσεις G3, G9, G10 περιέχουν κανονικό υπόγειο νερό, ενώ το Νότιο κομμάτι με τις γεωτρήσεις G4, G5 και G7 περιέχει νερό από αλκαλικά πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα.

γ) Ιοντικοί λόγοι $Ca+Mg/K+Na$

I) $Ca+Mg/K+Na > 1$ υδροφόρο στρώμα με συνεχή τροφοδοσία

II) $Ca+Mg/K+Na < 1$ παλιό νερό στα κατάντι τμήματα του υδροφορέα

Στη λεκάνη μελέτης ο λόγος παίρνει τιμές μεγαλύτερες του 1 γεγονός που σημαίνει ότι έχουμε συνεχή τροφοδοσία. Τα υλικά των σχηματισμών που αποτελούν την περιοχή είναι διαπερατά γεγονός που βοηθάει στην συνεχή ανανέωση και στον συνεχή εμπλουτισμό του υδροφορέα με φρέσκο νερό.

δ) Ιοντικοί λόγοι Na/K

I) $Na/K=47$ σημαίνει θαλασσινό νερό

II) $Na/K=10$ βρόχινο νερό

III) $Na/K = 10-25$ νερό σε περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων

IV) $Na/K = 50-70$ νερό σε κατάντι τμήμα του υδροφορέα σε σχέση με τη διεύθυνση ροής.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων και του ιοντικού λόγου Na/K οι περιοχές που περιέχουν τις γεωτρήσεις G1, G2, G8 και G10 αντιστοιχούν σε περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων. Αντίθετα στις περιοχές όπου ανήκουν οι γεωτρήσεις G3, G4, G5, G7 και G9 το νερό βρίσκεται στα κατάντι τμήμα του υδροφορέα σε σχέση με τη διεύθυνση ροής.

ε) Ιοντικοί λόγοι Cl/SO_4

Έχει σχέση με την υφαλμύρωση και την ύπαρξη υπολειμματικών αλάτων στους υδροφορείς.

I) $Cl/SO_4=10$ θαλασσινό νερό

II) $Cl/SO_4 > 5$ νερό χλωριούχο

III) $Cl/SO_4=1-5$ νερό χλωροθειούχο

IV) $Cl/SO_4 = 0,2-1$ νερό θειούχο – χλωριούχο

V) $Cl/SO_4 < 0,2$ νερό θειούχο

Ο λόγος αυτός μας δείχνει κυρίως νερό χλωριούχο για τις γεωτρήσεις G1, G3, G5, G7, G8 και G10. Στη γεώτρηση G2 ο λόγος μας δείχνει νερό χλωροθειούχο ενώ στις γεωτρήσεις G4 και G9 ο λόγος μας δείχνει νερό θειούχο – χλωριούχο.

Πίνακας 9. Ιοντικοί λόγοι

Γεώτρηση	Mg/Ca	Na/Cl	Ca+Mg/K+N a	Na/K	Cl/SO ₄
G1	0,97	0,45	7,5	16,96	20,6
G2	0,39	0,29	10,35	26,1	4,5
G3	1,58	0,98	4,26	56,5	11,5
G4	2,22	1,48	3,32	60,4	0,8
G5	1,06	1,25	4,029	42,1	21,33
G7	2,42	1,13	3,774	50,8	15,7
G8	0,848	0,61	6,755	20	6,7
G9	0,54	0,89	8,678	56,5	0,7
G10	1,21	0,75	7,67	15,85	21,75

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας μπορούμε να καταλήξουμε στα παρακάτω συμπεράσματα με βάση τη υδρογεωλογία της περιοχής και την ποιότητα του νερού που εξετάσαμε.

- I. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του Νομού Θεσσαλονίκης, καλύπτοντας τα διοικητικά όρια των Δημοτικών Διαμερισμάτων των Βασιλικών και της Σουρωτής.
- II. Η περιοχή αποστραγγίζεται από τον ποταμό Ανθεμόντα που δέχεται τα νερά και τα φερτά υλικά των χειμάρρων και καταλήγει στο Θερμαϊκό κόλπο. Κατά τη θερινή περίοδο ο ποταμός δεν παρουσιάζει επιφανειακή ροή παρά μόνο σε κάποια τμήματα του.
- III. Η περιοχή ανήκει στην Περιοδοπική ζώνη και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη. Τα κατώτερα τμήματα της ενότητας είναι μετακλαστικά και νηριτικά ανθρακικά ιζήματα Πέρμο – Τριαδικής ηλικίας. Ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας με συχνές παρεμβολές από οφειολιθικά σώματα.
- IV. Η λεκάνη του Ανθεμόντα είναι ένα κλασσικού τύπου και νεαρής ηλικίας τεκτονικό βύθισμα, το οποίο οφείλεται σε τοπικά τεκτονικά γεγονότα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς.
- V. Το κλίμα της περιοχής κατά Korpen χαρακτηρίζεται ως μεσόθερμο με ξηρή περίοδο το καλοκαίρι.
- VI. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 410mm και η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος τους 15,6⁰C.
- VII. Η απόλυτη στάθμη κυμαίνεται από 25m ως 41m ως προς το υψόμετρο.
- VIII. Η υδραυλική κλίση του υδροφορέα είναι $i=7\%$ και η διεύθυνση ροής Βόρεια – Βορειοανατολικά.
- IX. Το ασβέστιο, το μαγνήσιο και το νάτριο παρουσιάζουν συνήθεις τιμές, δηλαδή τιμές κάτω από το όριο ποσιμότητας.
- X. Η περιεκτικότητα σε κάλιο κατά μέσο όρο είναι πολύ κατώτερη του ορίου που το χαρακτηρίζει ως πόσιμο.
- XI. Οι τιμές των χλωριούχων κυμαίνονται από 31 ως 74mg/l . Έχουν μια αυξητική τάση στο Βόρειο – Δυτικό τμήμα με μέση τιμή τα 21,5mg/l. Ο λόγος που δικαιολογεί αυτή την τάση είναι ίσως το ότι η περιοχή βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο υφαλμύρωσης.
- XII. Οι τιμές των θεικών στα Ανατολικά και στα Δυτικά είναι πολύ υψηλές. Το γεγονός αυτό στηρίζεται στην έντονη γεωργική δραστηριότητα και στη χρήση λιπασμάτων.

- XIII. Οι περιεκτικότητες στα νιτρικά σε όλη την περιοχή είναι μέτριες εκτός της γεώτρησης G9 της οποίας η τιμή φτάνει τα 172,48 mg/l με ανώτατη τιμή ποσιμότητας τα 50 mg/l. Η ύπαρξη αυτής της τιμής στηρίζεται στην εντατική γεωργία, στους ρύπους από τα λιπάσματα, τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες και τη μετατροπή πολλών πηγαδιών σε βόθρους.
- XIV. Τα όξινα ανθρακικά παρουσιάζουν υψηλές τιμές ιδιαίτερα στο Δυτικό τμήμα απ' όπου επηρεάζονται από τα ασβεστολιθικά πετρώματα της περιοχής.
- XV. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμαίνονται από 550-1311 $\mu\text{S}/\text{cm}$ με μέση τιμή τα 930,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- XVI. Με βάση τις μετρήσεις του T.D.S. το νερό το κατατάσσουμε στα γλυκά νερά. Στο Βόρειο κομμάτι της περιοχής δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα η γεωργική απόδοση, ενώ στο νότιο παρουσιάζει αυξημένα προβλήματα λόγω επίδρασης της αλατότητας στην καρποφορία.
- XVII. Ως προς το pH το νερό χαρακτηρίζεται ελαφρά αλκαλικό και η υδάτινη μάζα νέα.
- XVIII. Σύμφωνα με το διάγραμμα Piper το νερό ανήκει στα ασβεστιτικά ως προς τα κατιόντα και στα όξινα ανθρακικά ως προς τα ανιόντα ($\text{Ca}-\text{HCO}_3$).
- XIX. Σύμφωνα με το διάγραμμα SCHOLLER το νερό χαρακτηρίζεται γλυκό.
- XX. Συνολικά στην περιοχή κυριαρχεί ο ασβεστομαγνησιούχος – ανθρακικός τύπος, στο Νότιο κομμάτι ο τύπος γίνεται πιο νατριούχος.
- XXI. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ιοντικών λόγων, στο Βόρειο τμήμα της περιοχής το νερό βρίσκεται μέσα σε ασβεστολιθικό υδροφόρο, ενώ στο Νότιο σε υδροφόρο που περιέχει οφειολιθικά υλικά τα οποία μπορεί να προήλθαν από διάβρωση ενός παλαιού οφειόλιθου και τη μεταφορά των υλικών στην περιοχή μελέτης ή από παρεμβολές μεταμορφωμένων πετρωμάτων όξινης μαγματικής προέλευσης. Στο Βόρειο τμήμα, με βάση τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι βρισκόμαστε σε ένα πρώιμο στάδιο υφαλμύρωσης, ενώ καθώς προχωρούμε νοτιότερα η ποιότητα του νερού επηρεάζεται από την παρουσία αλκαλικών πυριγενών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων.
- XXII. Με βάση τον ιοντικό λόγο $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{K}+\text{Na}$ έχουμε συνεχή τροφοδοσία.
- XXIII. Για την προστασία της ποιότητας χρειάζεται να ληφθούν μέτρα ορθής γεωργικής πρακτικής και περιορισμός των αντλήσεων για να αποφευχθούν φαινόμενα υφαλμύρωσης στο εγγύς μέλλον. Για τη

μείωση της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης αποβλέπουν οι κώδικες γεωργικής πρακτικής (ΚΥΑ 16190/1335/97, ΦΕΚ 519B/25-6-1997) και περιλαμβάνουν κανόνες σχετικά με τις χρονικές περιόδους κατά τις οποίες δεν ενδείκνυται η διασπορά λιπασμάτων στο έδαφος, τη διασπορά λιπασμάτων σε επικλινή ή σε κορεσμένα εδάφη, κοντά σε υδάτινα ρεύματα κλπ. Επιπλέον περιλαμβάνουν την κατάρτιση σχεδίων λίπανσης ανά αγρόκτημα, την τήρηση αρχείων για την χρήση των λιπασμάτων και την διαχείριση της χρήσης γης.

Η συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων νερών είναι απαραίτητη σε περιοχές ευάλωτες στη ρύπανση. Για την προστασία των επιφανειακών και υπόγειων συστημάτων νερού απαιτούνται επιπλέον: η χωροθέτηση χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και η απαγόρευση διάθεσης ανεπεξέργαστων λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων σε επιφανειακούς αποδέκτες.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ανατολική Α.Ε. (1998): Υδρογεωλογική μελέτη ισοζυγίου λεκάνης Ανθεμούντα Ν. Θεσσαλονίκης Δεκέμβριος Θεσσαλονίκη.

Βουδούρης Κ. (2007): Θέματα Υδρογεωλογίας περιβάλλοντος, τμήμα εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Γ.Υ. Στρατού: Τοπογραφικά διαγράμματα Δ.Δ. Βασιλικών, φύλλα: 4308.2, 4308.4, 4309.1, 4309.3.

Ι.Γ.Μ.Ε (1978): Γεωλογικοί χάρτες, βιβλιοθήκη τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ, φύλλα: Θέρμη: 66813.T5.I5T4, Βασιλικά: 66813.K5.I5V3

Καλλέργης Γ.Α. (2000): Εφαρμοσμένη περιβαλλοντική υδρογεωλογία, τόμος Β', περιβαλλοντική υδρογεωλογία, δεύτερη έκδοση Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.

Μετεωρολογικός σταθμός ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. στοιχεία σταθμού 1978-1987.

Μουντράκης Δ.Μ. (1985): Γεωλογία της Ελλάδος, εκδόσεις United Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Μπαλαφούτης Χ. Ι. και Μαχαίρας Π. (1985): Μαθήματα Γενικής Κλιματολογίας με στοιχεία Βιοκλιματολογίας, εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.

Σαπουντζής (1969) : Πετρογραφία και γεωλογική τοποθέτηση των πράσινων γνευσίων της Θεσσαλονίκης. Διδακτορική Διατριβή Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Σούλιος Γ. Χ. (1986): Γενική Υδρογεωλογία, τόμος 1, εκδόσεις United Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Σούλιος Γ. Χ. (2006): Γενική Υδρογεωλογία, τόμος 4, εκδόσεις United Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Durov, S.A. (1948): Natural water and graphical representation of their composition.

Google Earth: Χάρτες μέσω δορυφόρου και internet.



<http://images.google.com>: εικόνες και χάρτες μέσω internet.

Kauffmann et al (1976): Notes on the stratigraphic and paleogeographic position of the Svoula formation in the Innermost Zone of the Hellenithes (Northern Greece).

Piper, A.M. (1944): A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis.

Schoeller, H. (1955): Geochimie des eaux souterraines. Application aux eaux des gisements de petrole.

-Revue de l'Institut Français du petrole et Annales de Combustibles Liquides, Paris, V. 10, p. 230-244.