

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΗΣ ΠΙΕΡΙΑΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ
ΝΟΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ

ΧΡΥΣΑΦΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ - ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ Α.Ε.Μ: 3938
ΚΟΚΚΙΝΙΔΗ ΑΝΝΑΝΘΗ Α.Ε.Μ: 3870

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2010

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΗΣ ΠΙΕΡΙΑΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ
ΝΟΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ

ΧΡΥΣΑΦΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ - ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ Α.Ε.Μ: 3938
ΚΟΚΚΙΝΙΔΗ ΑΝΝΑΝΘΗ Α.Ε.Μ: 3870

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2010



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής αισθανόμαστε την υποχρέωση να ευχαριστήσουμε όλους όσους μας βοήθησαν κατά την διάρκεια της εκπόνησής της.

Ευχαριστούμε ειλικρινά τον **Καθηγητή μας κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη** για την πολύτιμη βοήθειά του και την άπογη καθοδήγησή του στη διάρκεια της διπλωματικής μας εργασίας.

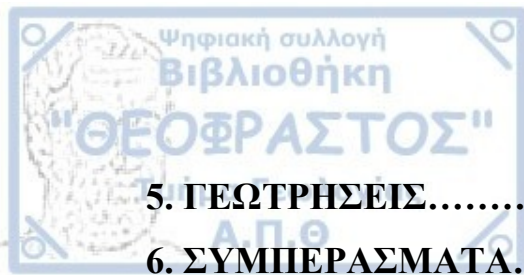
Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον **υποψήφιο Διδάκτορα κ. Τριαντάφυλλο Κακλή** για τη συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξη που μας παρείχε σε όλα τα στάδια της διπλωματικής μας εργασίας.

Με εκτίμηση,
Χρυσάφη Αικατερίνη-Αλεξάνδρα
Κοκκινίδη Αννάνθη



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	σελ.6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.8
1.1 Γενικά.....	σελ.8
1.2 Δημογραφικά στοιχεία.....	σελ.9
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	σελ.12
2.1 Γεωλογία περιοχής μελέτης.....	σελ.12
2.2 Τεκτονική.....	σελ.16
2.2.1 Πτυχογόνος Τεκτονική.....	σελ.16
2.2.2 Ρηξιγενής Τεκτονική.....	σελ.16
2.2.2.1 Κατατμήσεις.....	σελ.17
2.2.2.2 Ρήγματα.....	σελ.17
3. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	σελ.18
3.1 Παρουσίαση σταθμού.....	σελ.18
4. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	σελ.26
4.1 Χημικές αναλύσεις.....	σελ.26
4.2 Αποτελέσματα της Υδροχημικής έρευνας.....	σελ.41
4.2.1 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	σελ.41
4.2.2 Ενεργός Οξύτητα (pH).....	σελ.45
4.2.3 Ιόντα Καλίου.....	σελ.48
4.2.4 Ιόντα Νατρίου.....	σελ.51
4.2.5 Ιόντα Ασβεστίου.....	σελ.54
4.2.6 Ιόντα Μαγνησίου.....	σελ.57
4.2.7 Θειικά ιόντα.....	σελ.60
4.2.8 Όξινα ανθρακικά ιόντα.....	σελ.63
4.2.9 Νιτρικά ιόντα.....	σελ.66
4.2.10 Ιόντα Χλωρίου.....	σελ.70
4.3 Ταξινόμηση των υπόγειων νερών της περιοχής μελέτης	σελ.74
4.3.1 Διάγραμμα Piper.....	σελ.74
4.3.2 Διάγραμμα Schoeller.....	σελ.77



5. ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ.....σελ.80
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.97
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.100



Η παρούσα Διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος προπτυχιακών Σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με κατεύθυνση «Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία». Η ανάθεσή της έγινε από το τμήμα Γεωλογίας, από τον Επίκουρο Καθηγητή του Α.Π.Θ. κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη, ο οποίος και ήταν ο επιβλέπων αυτής.

Ουσιαστικό αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι ο καθορισμός του χημισμού των υπόγειων νερών των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων στην Πιέρια λεκάνη του νομού Καβάλας και η εκτίμηση της ποιότητάς τους. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε αρχικά γεωλογική (στρωματογραφική και τεκτονική) διερεύνηση της περιοχής και στη συνέχεια απογραφή των γεωτρήσεων αυτής.

Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης σε 18 γεωτρήσεις και ελήφθησαν δείγματα νερού για την εκτέλεση χημικών αναλύσεων. Τόσο οι μετρήσεις της στάθμης όσο και η συλλογή δειγμάτων νερού έγιναν για δύο περιόδους, μία το διάστημα Ιουνίου 2005 και μία το διάστημα Ιουνίου 2006.

Από πλευράς οργάνωσης η πτυχιακή εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται κάποια εισαγωγή για την περιοχή μελέτης με αναφορά στα γεωγραφικά και γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής έρευνας. Επίσης αναφέρονται και σχολιάζονται τα δημογραφικά στοιχεία του Δήμου Πιερέων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η γεωλογία και η τεκτονική της περιοχής έρευνας, όπου και παρουσιάζονται αναλυτικά οι σχηματισμοί που εμφανίζονται σ' αυτήν.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο μετεωρολογικός σταθμός Μουσθένης του Δήμου Πιερέων και αξιολογούνται τα μετεωρολογικά δεδομένα για τη χρονική περίοδο 1995-2008.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι χημικές αναλύσεις και τα αποτελέσματα τους για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας καθώς και οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν για την εξαγωγή τους. Στο ίδιο κεφάλαιο αναφέρεται και η αξιολόγηση των χημικών δεδομένων. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται γνωστά από την βιβλιογραφία υδροχημικά διαγράμματα που συσχετίζουν τόσο τις συγκεντρώσεις των διαφόρων ιόντων με τη στάθμη των υδροφόρων οριζόντων όσο και μεταξύ τους. Επιπλέον



παρατίθενται θεματικοί υδροχημικοί χάρτες για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας και χάρτες με τις καμπύλες ίσων διαφορών των ιόντων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι 18 γεωτρήσεις της περιοχής μελέτης οι οποίες και σχεδιάστηκαν με το πρόγραμμα LogPlot 2003.

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη πτυχιακή αυτή.

Ο Νομός Καβάλας βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της ελληνικής επικράτειας και ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας. Συνορεύει βόρεια με τους νομούς Δράμας και Σερρών, νότια βρέχεται από το Βόρειο Αιγαίο, ανατολικά συνορεύει με τον ποταμό Νέστο και τον νομό Ξάνθης και δυτικά με τον ποταμό Στρυμόνα και τον νομό Σερρών. Καταλαμβάνει έκταση 2.113 km². (ποσοστό 1,6% της χώρας) και έχει πληθυσμό 145.054 κατοίκους (στοιχεία 2001). Ορεινό είναι το βόρειο τμήμα του νομού όπου υψώνονται τα όρη Λεκάνης, το δυτικό τμήμα του, όπου στα όρια με το νομό Σερρών εκτείνεται το όρος Παγγαίο και το νοτιοανατολικό παράλιο τμήμα του με το όρος Σύμβολο. Το Παγγαίο έχει μήκος 40 km περίπου και πλάτος 20 km. Η κυριότερη κορυφή του είναι το Μάτι και έχει ύψος 1956 m γεμάτα από πλούσια δάση. Οι απολήξεις του όρους Παγγαίου φτάνουν μέχρι τις εκβολές του Στρυμόνα κι η μικρή κοιλάδα του Μαρμαρά ή Πιέρια λεκάνη το χωρίζει από το όρος Σύμβολο. Επίσης ο νομός Καβάλας περιβάλλεται από δύο διεθνείς ποταμούς, ανατολικά από τον ποταμό Νέστο, που αποτελεί και το όριο με το νομό Ξάνθης και δυτικά από το Στρυμόνα ποταμό, που αποτελεί το όριο με το νομό Σερρών. Ο ποταμός Νέστος κατέρχεται από τη Βουλγαρία και είναι ένα από τα σημαντικότερα ποτάμια της Ελλάδας.

Αν κατατάξουμε την έκταση του νομού σε λεκάνες απορροής, ένα μέρος ανήκει στη λεκάνη του Στρυμόνα και ένα επίσης σημαντικό μέρος ανήκει στη λεκάνη του Νέστου. Μεταξύ όμως αυτών των λεκανών παρεμβάλλονται μικρές αυτοδύναμες λεκάνες, όπως η Πιέρια Λεκάνη, που αποστραγγίζεται από τον χείμαρρο Μαρμαρά και εκβάλλει στο Θρακικό Πέλαγος και την οποία θα μελετήσουμε στη εργασία μας.

Η Πιέρια λεκάνη βρίσκεται ανάμεσα στις 2 οροσειρές Παγγαίου και Συμβόλου και γεωτεκτονικά τοποθετείται στην μάζα της Ροδόπης. Αποτελείται από εναλλαγές κρυσταλλοσχιστώδων πετρωμάτων όπως μάρμαρα, σχιστογενεύσιοι και γνεύσιοι, πρασινοσχιστόλιθοι και κάποιοι αμφιβολίτες, οι οποίοι ανήκουν στο γενικό μεταμορφωμένο σύστημα της ανατολικής Μακεδονίας- Θράκης και συγκεκριμένα της νοτιοδυτικής Ροδόπης. Καλύπτει έκταση 237 km² και προσανατολίζεται γενικά με μία διεύθυνση BA-NΔ (65°) του κύριου άξονα της ενώ εκβάλλει στο Θρακικό Πέλαγος.

Όπως είπαμε και προηγουμένως η Πιέρια λεκάνη αποστραγγίζεται από τον χείμαρρο Μαρμαρά, ο οποίος πηγάζει από το Παγγαίο όρος. Το μήκος του είναι 30 km και τροφοδοτείται από τους χείμαρρους Ποδοχωρίου, Μεσορόπης, Μουσθένης, Πλατανότοπου και Δωματίων, η δε μέση παροχή του κατά το μήνα αιχμής ανέρχεται σε 0,227 m³/sec.

1.2 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Δήμος Πιερέων εκτείνεται σε 145 km² (Πίνακας 1.1) και βρίσκεται 30 km δυτικά της Καβάλας. Είναι ένας από τους 11 Δήμους του Νομού Καβάλας και αποτελείται από οκτώ Δημοτικά διαμερίσματα (Δ. Δ.): τη Μουσθένη (έδρα του Δήμου), την Αυλή, τα Δωμάτια, το Μελισσοκομείο, τη Μεσιά, το Μεσορόπη, τον Πλατανότοπο και το Σιδηροχώρι.

Πίνακας 1.1 : Απογραφή έκτασης Δήμου Πιερέων

Δ.Δ.	Έκταση (km ²)
Μουσθένη	31,9
Αυλή	9,1
Δωμάτια	10,3
Μελισσοκομείο	6,8
Μεσιά	9,3
Μεσορόπη	27,6
Πλατανότοπος	35,9
Σιδηροχώρι	13,8

Από τον Πίνακα 1.2 που ακολουθεί συμπεραίνουμε ότι κατά τη διάρκεια της τελευταίας 50ετίας παρατηρείται αρχικά μείωση στο συνολικό πληθυσμό από 7964 σε 7598 (μείωση 4,5%) την δεκαετία 1951-1961 καθώς και στους επιμέρους οικισμούς Μουσθένη , Δωμάτια, Μελισσοκομείο, Μεσορόπη, Σιδηροχώρι αντίθετα στην Αυλή, Μεσιά και Πλατανότοπος έχουμε αύξηση.

Στην επόμενη δεκαετία 1961-1971 συνεχίζεται κατακόρυφα η μείωση στο συνολικό πληθυσμό (μείωση 28,1%) καθώς και στους επιμέρους οικισμούς.

Κατά τις δεκαετίες 1971-1981 και 1981-1991 συνεχίζεται η μείωση στο συνολικό πληθυσμό (μείωση 7,6 % και 6,6% αντίστοιχα) καθώς και στους επιμέρους οικισμούς, ενώ τη δεκαετία 1991-2001 παρατηρείται αύξηση στο συνολικό πληθυσμό από 4702 σε 5002 (αύξηση 6,4%).

Πίνακας 1.2 : Απογραφή πληθυσμού Δήμου Πιερέων

Δ.Δ.	1951	1961	1971	1981	1991	2001
Μουσθένη	1902	1659	1048	1004	868	1075
Αυλή	466	565	553	494	559	556
Δωμάτια	1165	979	657	551	512	590
Μελισσοκομείο	729	702	509	506	440	512
Μεσιά	581	586	401	380	399	412
Μεσορόπη	1309	1207	802	735	648	610
Πλατανότοπος	770	861	748	650	631	631
Σιδηροχώρι	1042	1039	739	717	645	616
ΣΥΝΟΛΟ	7964	7598	5457	5037	4702	5002

Πιο αναλυτικά έχουμε:

Κατά τη δεκαετία 1951-1961 παρατηρείται μείωση στο συνολικό πληθυσμό από 7964 σε 7598(μείωση 4,5 %) όσο και στους επιμέρους οικισμούς Μουσθένη (έδρα του Δήμου 12,7%), Μεσορόπη (7,7%), Δωμάτια (16%), Μελισσοκομείο (3,7%), Σιδηροχώρι (0,2%) αντίθετα έχουμε αύξηση στην Αυλή(21,2%), στη Μεσιά (0,8%) και στον Πλατανότοπο (11,8%).

Τη δεκαετία 1961-1971 συνεχίζεται η μείωση στο συνολικό πληθυσμό από 7598 σε 5457 (μείωση 28,1%) όπως επίσης στη Μουσθένη (36,8%), στο Μεσορόπη (μείωση 33,5%), στην Αυλή (2,1%), στα Δωμάτια (32,8%), στο Μελισσοκομείο (27,4%),στη Μεσιά (31,5%), στον Πλατανότοπο (13,1%) και στο Σιδηροχώρι (28,8%).

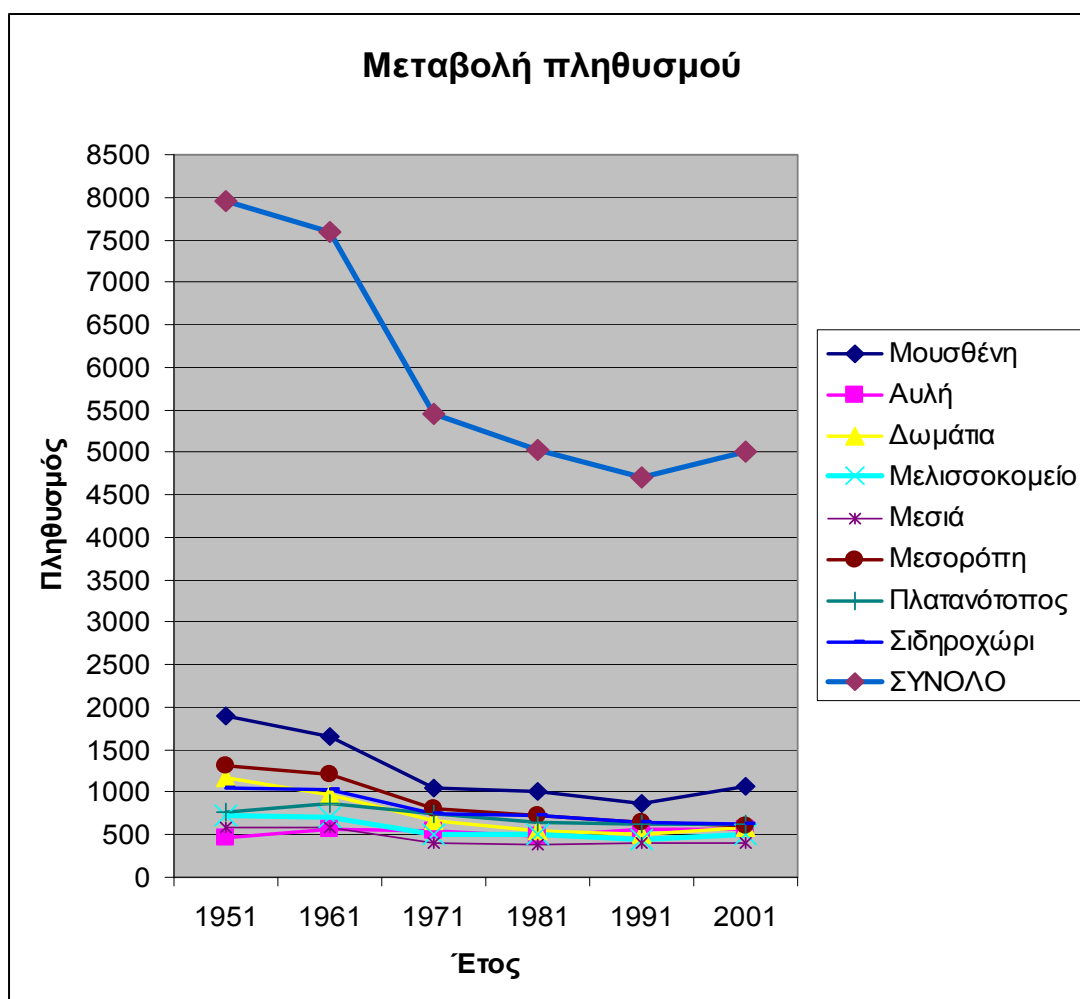
Τη δεκαετία 1971-1981 συνεχίζεται η μείωση στο συνολικό πληθυσμό από 5457 σε 5037 (μείωση 7,6%) καθώς και στους επιμέρους οικισμούς Μουσθένη (4,2%), Μεσορόπη (8,3%), Αυλή (10,6%), Δωμάτια (16,1%), Μελισσοκομείο (0,5%), Μεσιά (5,2%), Πλατανότοπος (13,1%) και Σιδηροχώρι (3%).

Κατά τη δεκαετία 1981-1991 συνεχίζεται να μειώνεται ο συνολικός πληθυσμός από 5037 σε 4702 (μείωση 6,6%) όπως επίσης στη Μουσθένη (13,5%), στο Μεσορόπη

(11,8%), στα Δωμάτια (7%), στο Μελισσοκομείο (13%), Πλατανότοπος (2,9%), Σιδηροχώρι (10%), αντίθετα έχουμε αύξηση στην Αυλή (13,1%) και στη Μεσιά (5%).

Τη δεκαετία 1991-2001 αντιστρέφεται το κλίμα και έχουμε αύξηση τόσο στο συνολικό πληθυσμό από 4702 σε 5002 (αύξηση 6,4%) όσο και στους επιμέρους οικισμούς Μουσθένη (23,8%), Δωμάτια (15,2%), Μελισσοκομείο (16,3%), Μεσιά (3,2%), αντίθετα υπάρχει μείωση στους επιμέρους οικισμούς Μεσορόπη (5,8%), Αυλή (0,5%), Σιδηροχώρι (4,4%) ενώ στον οικισμό Πλατανότοπο δεν υπάρχει καμία μεταβολή.

Στο σχήμα 1.1 που ακολουθεί απεικονίζεται η μεταβολή του πληθυσμού του Δήμου Πιερών για τις δεκαετίες 1951-2001.



Σχήμα 1.1 : Μεταβολή πληθυσμού Δήμου Πιερών

Στις αγροτικές ασχολίες των κατοίκων του Δήμου Πιερέων περιλαμβάνονται οι παρακάτω καλλιέργειες:

- Καπνά – μια φθίνουσα καλλιέργεια καθώς απαιτεί έντονη χειρονακτική εργασία. Η καλλιέργεια αυτή βρισκόταν σε άνθιση πριν να αρχίσει η δημογραφική μετακίνηση μεγάλου μέρους του πληθυσμού το Δήμου προς τα μεγάλα αστικά κέντρα .
- Σιτηρά (Σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι, σίκαλη).
- Κτηνοτροφικές τροφές όπως τριφύλλι, κλπ.
- Αμπελουργικά Προϊόντα (επιτραπέζια σταφύλια, κρασοστάφυλα).
- Ξηροί καρποί, αμύγδαλα, καρύδια, κάστανα, φουντούκια .

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

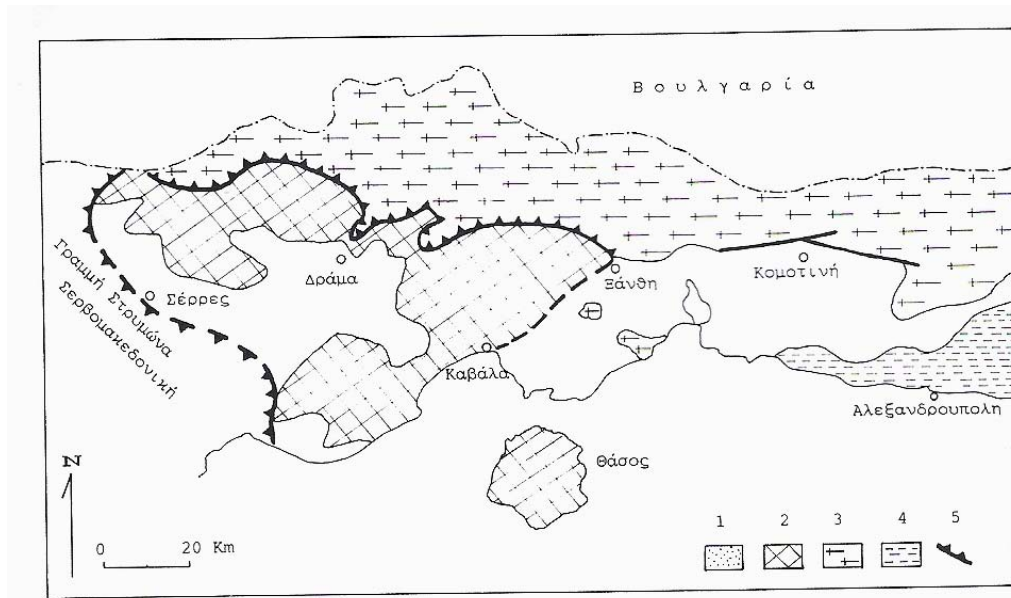
2.1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι ενότητες των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Κοιλιάδας του Μαρμαρά είναι τμήματα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της νοτιοδυτικής Ροδόπης, τα οποία χρονολογούνται προ-Παλαιοζωικής ηλικίας. Οι απόψεις πολλών ερευνητών που μελέτησαν την περιοχή αυτή διαφέρουν ουσιαστικά σχετικά με την ηλικία και το ρόλο των μεταμορφωμένων αυτών συμπλεγμάτων στην τεκτογένεση της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Κυρίως εξετάζεται το ποιά τμήματα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Ροδόπης σχηματίστηκαν κατά τον κάτω ή προ-Παλαιοζωικό αιώνα και δημιούργησαν την κεντρική Μάζα της Ροδόπης.

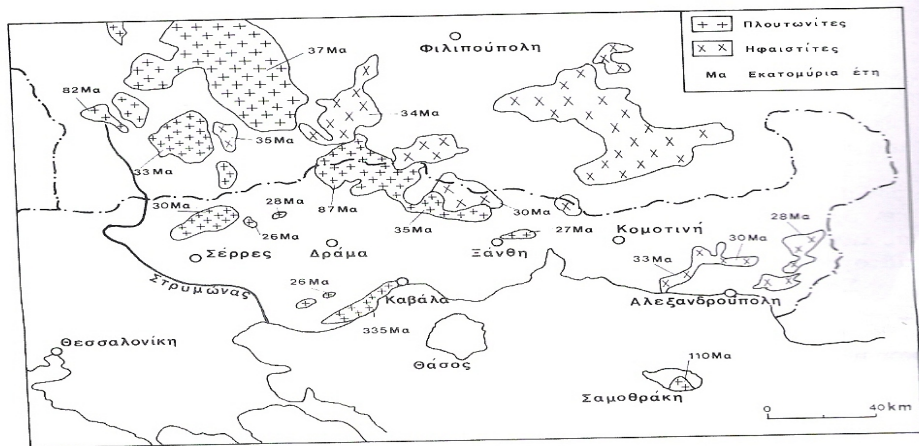
Από στρωματογραφικές μελέτες και από ραδιοχρονολογήσεις, επιστήμονες συμπέραναν ότι εκτεταμένα τμήματα στα νότια και νοτιοδυτικά (δηλαδή στην περιοχή μελέτης μας) δεν είχαν ακόμη εδραιωθεί κατά την Αλπική Τεκτογένεση (Boncef 1936, Janicefski 1946, Trikallinos 1955, Dimitrov 1959, Maratos & Andronopoulos 1965 κ.α.) ή ότι υπέστησαν την μεταμόρφωση και την πτύχωση τους κατά την περίοδο της Αλπικής ορογένεσης (Kronberg 1966-69). Σήμερα επικρατεί η άποψη ότι είχαν το ρόλο των εσωτερικών μαζών στην Αλπική ορογένεση και σε αυτό συνηγορεί το γεγονός ότι η ορογένεση των Ελληνικών Μεταμορφωμένων της Ροδόπης έγινε κατά τον Kronberg

ανάμεσα στο κάτω Κρητιδικό και το Ολιγόκαινο. Επίσης σύμφωνα με απολιθώματα παλαιοζωικών κοραλλιών στην σειρά των Μαρμάρων της Δράμας δίνεται η αντίστοιχη ηλικία και αποκλείεται η προ-κάμβρια.

Πιο ειδικά η Πιέρια λεκάνη τοποθετείται στην Ενότητα Παγγαίου της μάζας της Ροδόπης (Σχήμα 2.1) η οποία αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα όπως μάρμαρα, γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και πρασινοσχιστόλιθους. Ηφαιστίτες και πλουτωνίτες εμφανίζονται στην περιοχή (Σχήμα 2.2), όμως δεν βρίσκονται μέσα στην λεκάνη που μελετούμε, όπως δεν συναντούμε πουθενά και νεώτερους σχηματισμούς (νεογενείς) συναντούμε όμως πλειστοκαινικές και ολοκαινικές αποθέσεις στις οποίες θα αναφερθούμε παρακάτω. Η τεκτονική δραστηριότητα στην περιοχή είναι έντονα αποτυπωμένη κυρίως με την εμφάνιση ρωγμών σε όλη την έκτασή των γνευσιακών και σχιστολιθικών πετρωμάτων.



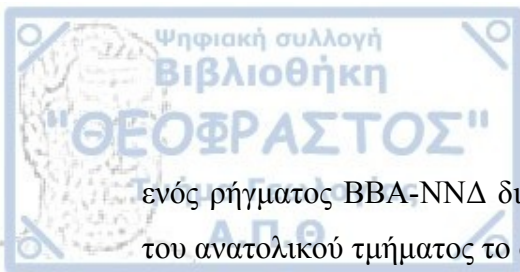
Σχήμα 2.1: Τεκτονικό σκαρίφημα της μάζας της Ροδόπης. 1: Μεταλπικά ιζήματα, 2: Ενότητα Παγγαίου, 3: Ενότητα Σιδηρόνερου, 4: σχηματισμοί της Περιοδοπικής ζώνης, 5: γραμμή επώθησης (Μουντράκης, 1985)



Σχήμα 2.2: Σκαρίφημα του ευρύτερου χώρου της μάζας Ρίλα -Ροδόπης με τις κυριότερες πλουτωνικές και ηφαιστειακές εμφανίσεις και τις αντίστοιχες ηλικίες των ραδιοχρονολογήσεων. Συντάχθηκε με στοιχεία που πάρθηκαν από Durr et al. 1978, Fytikas et al. 1984, Σολδάτος 1985.

Ειδικότερα η κάτω σχιστογενευσιακή σειρά δηλαδή η ενότητα των μεταμορφωμένων της περιοχής μας αναγνωρίζεται κατά εκτεταμένες επιφάνειες τόσο στο Νότιο Παγγαίο όσο και στο Βόρειο Σύμβολο. Η σειρά αυτή αποτελείται από γενεύσιους και σχιστογενευσίους που έχουν ανοικτό τεφρό χρώμα. Οι γενεύσιοι παρουσιάζονται σε στρώματα και όγκους και δείχνουν σχιστοφυή μέχρι πλακώδη δυνατότητα σχιστοποίησης. Τέλος έχουμε τη σειρά των Μαρμάρων. Τα μάρμαρα που αποτελούν και την κυριότερη υδρογεωλογική μονάδα εμφανίζονται σε όλο τους το ανάπτυγμα καρστικοποιημένα, διακόπτονται από γενευσιακά υλικά και είναι σε μεγάλο βαθμό ρωγματομένα.

Κατά την χαρτογράφηση του νοτιοδυτικού τμήματος της λεκάνης υπάρχουν πλειστοκαινικά ιζήματα όπως άμμοι, ψαμμίτες, άργιλοι, κροκαλοπαγή και τοφφώδεις ασβεστόλιθοι τα οποία είναι υλικά των θαλάσσιων αποθέσεων. Υπάρχουν όμως και σχηματισμοί από χείμαρρους αποτελούμενες από ψαμμιτικές μάργες, πηλούς, ψαμμίτες, άμμου και κροκαλοπαγή. Τα τελευταία τροφοδοτήθηκαν αποκλειστικά από το μεταμορφωμένο σύστημα. Συγκεκριμένα στην περιοχή μας τα στρώματα αυτά αναπτύσσονται στο νοτιοδυτικό όριο της λεκάνης, την χωρίζουν από τη θάλασσα και σταματούν απότομα στο ίδιο άκρο της κοιλάδας και δεν βρίσκονται μέσα ή στα περιθώρια της Πιέριας Λεκάνης. Αυτή η απότομη διακοπή μάλλον είναι αποτέλεσμα



ενός ρήγματος BBA-NNΔ διευθύνσεως, το οποίο είχε ως αποτέλεσμα την μετάπτωση του ανατολικού τμήματος το οποίο διέκοψε έτσι την λεκάνη προς ΔΝΔ.

Τέλος κατά το Ολόκαινο οι χαλαρές αποθέσεις κροκάλων αναπτυσσόμενες κυρίως στα βόρεια περιθώρια της λεκάνης προς τα μάρμαρα ίσως είναι αποτέλεσμα έντονης χημικής αποσάθρωσης που αντιπροσωπεύει θερμή περίοδο.

2.2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

2.2.1. ΠΤΥΧΟΓΟΝΟΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Και στις δύο πλευρές της λεκάνης, τόσο στην πλευρά του Παγγαίου όσο και στην πλευρά του Συμβόλου, βρίσκουμε πτυχές από κάμψη και πτυχές από διάτμηση που έχουν διάφορο μήκος κύματος (Flick, Guade, Stache, Wellmer, F.W. (1972)) και που είναι προσιτές στην παρατήρηση. Από τις πτυχές αυτές εξάγονται συμπεράσματα για ολόκληρη την πτυχωσιγενή κατασκευή της περιοχής διότι σε ολόκληρο το μήκος της λεκάνης παρατηρήθηκαν αντίστοιχες πτυχές. Μια αξιόλογη περίπτωση πτυχών, με διαδοχικές όρθιες, ισομεγέθεις πτυχές κάμψεως μπορεί να παρατηρηθεί στα μάρμαρα ΒΑ του χωριού Πλατανότοπος. Οι άξονες των πτυχών αυτών είναι παράλληλοι μεταξύ τους και έχουν διεύθυνση 60° και μικρή βύθιση (14° ΒΑ). Τέτοιες πτυχές ΒΑ-ΝΔ διευθύνσεως παρατηρούνται γενικά στα μεταμορφωμένα της Μάζας της Ροδόπης ανατολικά της Στρυμονικής Γραμμής. Όμως πολύ πιο συχνά, καθ'όλο το μήκος του Νότιου Παγγαίου και Βόρειου Συμβόλου, παρατηρούνται ισοκλινείς, συνήθως κεκλιμένες πτυχές κάμψεως με μήκος κύματος που κυμαίνεται μέχρι 150 μέτρα, οι οποίες έχουν κύρια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και νοτιοανατολική κλίση και 20° βύθιση. Η ύπαρξη επομένως δύο πτυχωσιγενών μορφών με διαφορετική διεύθυνση και σχεδόν κάθετες μεταξύ τους δείχνει την ύπαρξη δύο διαφορετικών παραμορφωτικών τάσεων. Η μία με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ εμφανίζεται πολύ πιο συχνά αλλά σε μικρότερες πτυχές και είναι και η νεότερη και η άλλη με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ εμφανίζεται σε μακροπτυχές αλλά πολύ πιο σπάνια.

2.2.2 ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Σε αυτή την ενότητα θα εξετάσουμε τις ρήξεις των πετρωμάτων, τις κατατμήσεις και τα ρήγματα. Λαμβάνοντας υπόψη μας όσα αναφέραμε προηγουμένως για την πτυχωσιγενή δομή της κοιλάδας θα συσχετίσουμε τις φάσεις των πτυχώσεων με τις ρήξεις που παρατηρούνται στην περιοχή, αλλά και τις διευθύνσεις τους με την γενική διεύθυνση, την δημιουργίας της Πιέρις Λεκάνης.

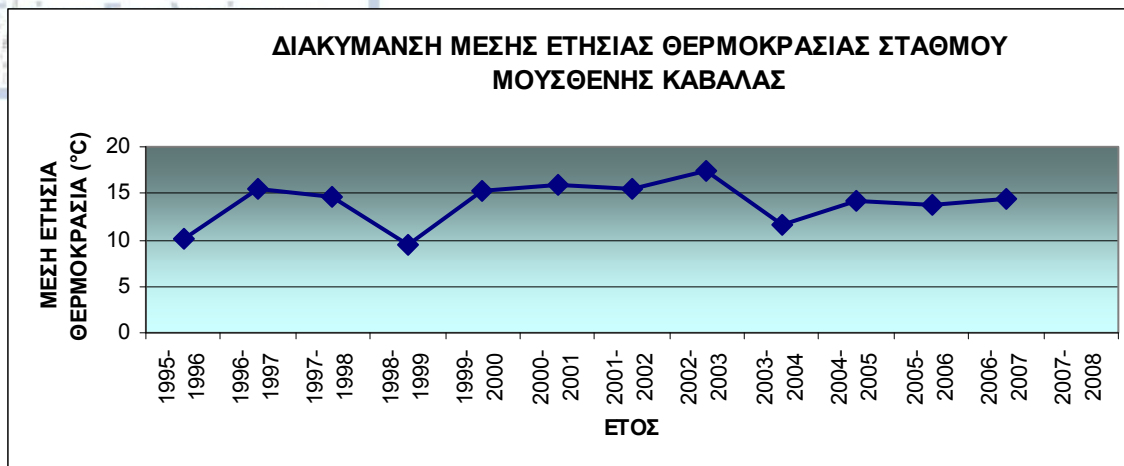
3. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

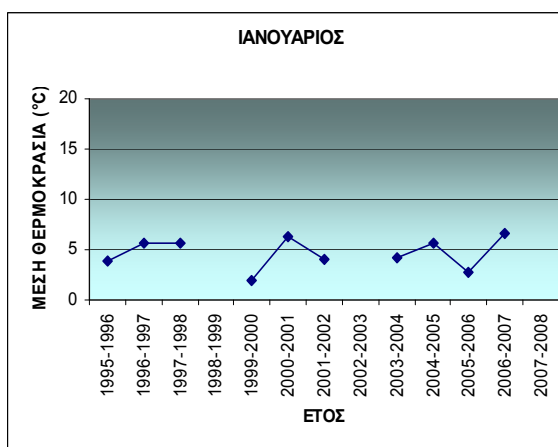
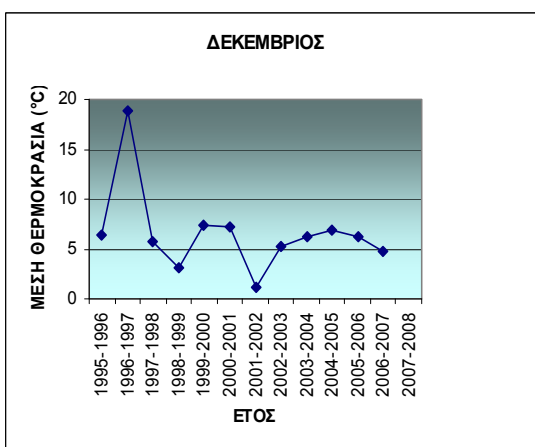
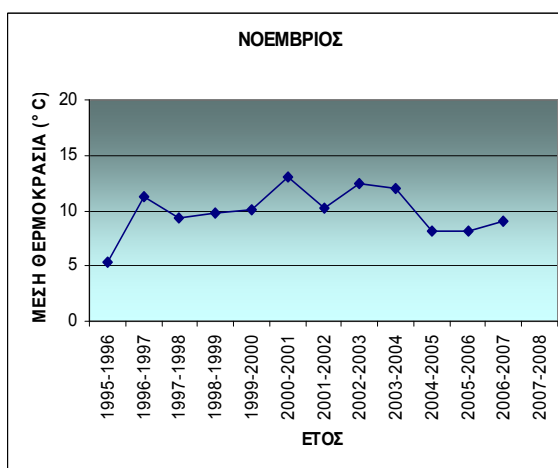
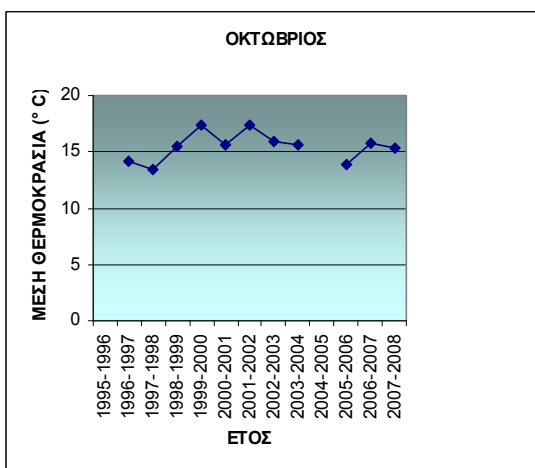
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα θερμοκρασιακά και βροχομετρικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό Μουσθένης, ο οποίος βρίσκεται πλησιέστερα στην περιοχή μελέτης. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και παρουσιάζονται παρακάτω αναφέρονται σε μηνιαίες μετρήσεις θερμοκρασίας (Πίνακας 3.1) και βροχόπτωσης (Πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.1 : Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας για τα έτη 1995-2008

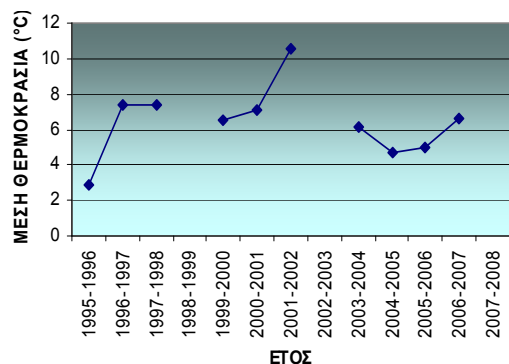
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ: ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ ΚΑΒΑΛΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑ: Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 200 m.																
ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	MIN	M.O	MAX	
1995-1996		5,35	6,38	3,84	2,89		11,3	4,05	22,6		24,2		2,89	10,1	24,2	
1996-1997	14,1	11,3	18,9	5,7	7,4	8,5	11,2	18,7	22,9	25,3	22,9	19	5,7	15,5	25,3	
1997-1998	13,5	9,4	5,8	5,6	7,4	6,6	13,8	17,7	23,2	25,8	26,2	19,4	5,6	14,5	26,2	
1998-1999	15,5	9,74	3,1										3,1	9,4	15,5	
1999-2000	17,4	10,1	7,4	1,9	6,5	7,7	15,3	19	23,6	26,5	26,1	21,2	1,9	15,2	26,5	
2000-2001	15,6	13	7,2	6,3	7,1	12,1	13,1	18,1	23	26,6	27,4	22,1	6,3	16,0	27,4	
2001-2002	17,4	10,2	1,1	4,07	10,52	12,81	13,69	20,04	24,8	26,3	24,1	20,8	1,1	15,5	26,3	
2002-2003	15,9	12,51	5,2							25,26	25,94	20,1	5,2	17,5	25,9	
2003-2004	15,6	11,96	6,24	4,19	6,13	10,2	13,17	16,3	21,1				4,19	11,7	21,1	
2004-2005		8,1	6,93	5,61	4,73	7,78	12,7	18,7	21	24,69	24,18	20,74	4,73	14,1	24,7	
2005-2006	13,93	8,12	6,29	2,67	4,96	8,48	13,34	17,03	21,7	23,53	26,35	19,77	2,67	13,8	26,4	
2006-2007	15,77	9,03	4,77	6,69	6,58	8,46	12,28	18,47	23,05	25,68	23,74	19,14	4,77	14,5	25,7	
2007-2008	15,36															
Aver.	15,5	9,9	6,6	4,7	6,4	9,2	13,0	16,8	22,7	25,5	25,1	20,3	4,0	14,0	24,6	
Max	17,4	13	18,9	6,69	10,52	12,81	15,3	20,04	24,8	26,6	27,4	22,1	6,3	17,5	27,4	
Min	13,5	5,4	1,1	1,9	2,9	6,6	11,2	4,1	21,0	23,5	22,9	19,0	1,1	9,4	15,5	
S.d	1,3	2,2	4,3	1,6	2,0	2,1	1,2	4,6	1,2	1,0	1,5	1,0	1,7	2,4	3,3	
Var	1,6	4,6	18,3	2,5	4,1	4,4	1,5	21,2	1,4	1,0	2,1	1,1	2,7	5,8	10,8	
Kurt	-1,0	0,4	6,6	-0,9	1,2	-0,9	0,4	7,7	-0,3	0,5	-1,1	-0,5	-1,2	-0,4	4,9	
Skew	0,1	-0,6	2,2	-0,5	0,3	0,7	0,0	-2,7	0,2	-0,9	-0,2	0,3	-0,2	-0,7	-2,2	



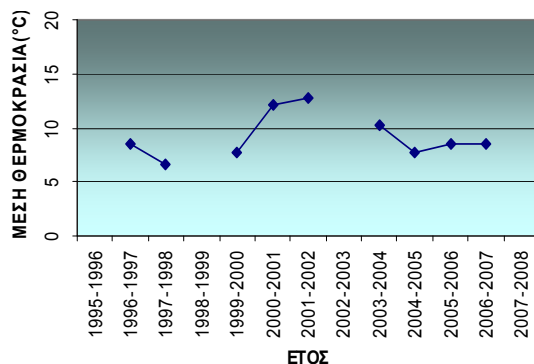
Σχήμα 3.1: Διακύμανση μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του σταθμού Μουσθένης Καβάλας για την περίοδο 1995- 2008.



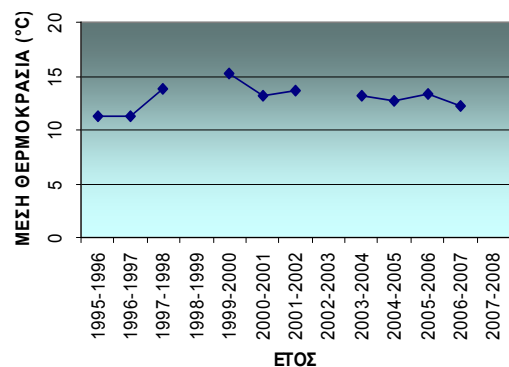
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ



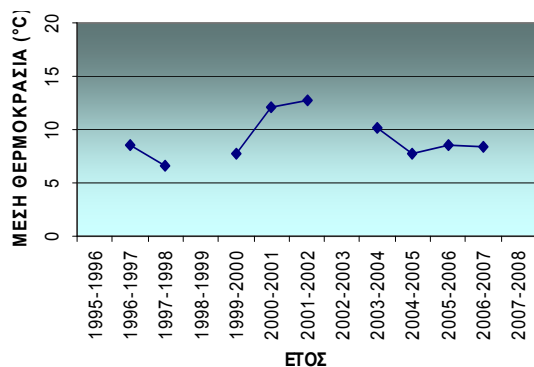
ΜΑΡΤΙΟΣ



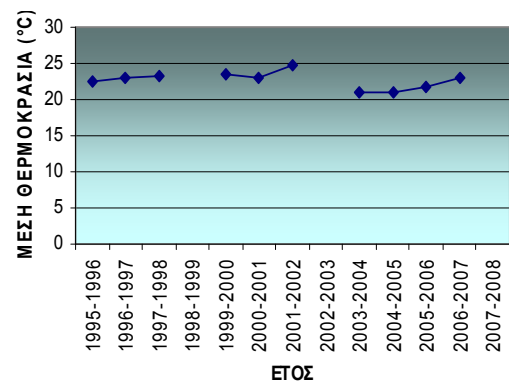
ΑΠΡΙΛΙΟΣ



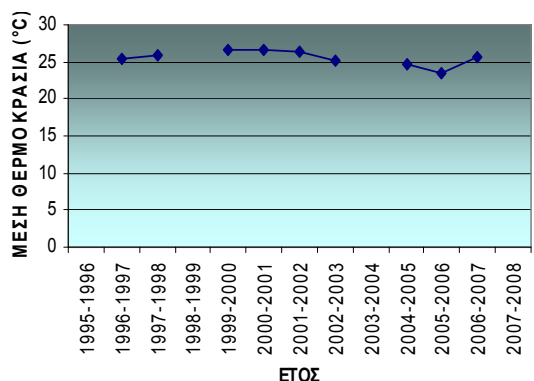
ΜΑΙΟΣ

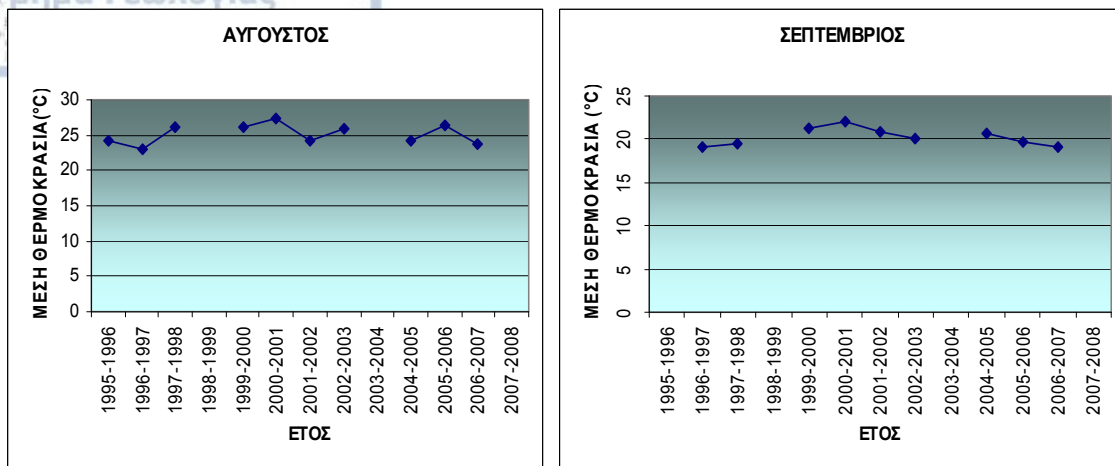


ΙΟΥΝΙΟΣ



ΙΟΥΛΙΟΣ





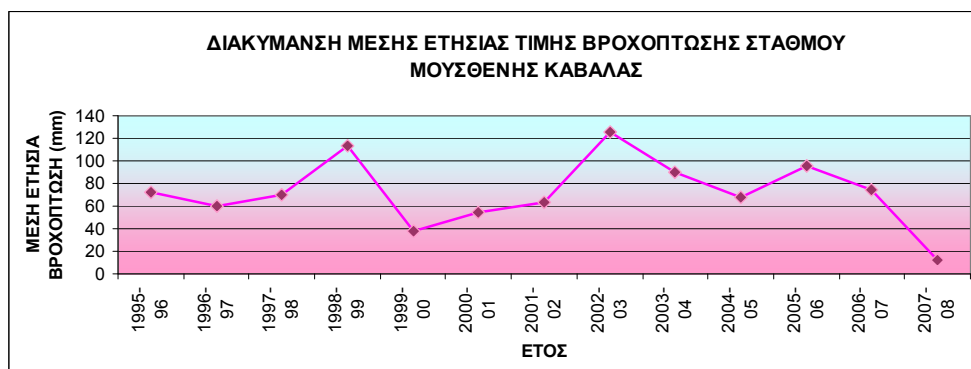
Σχήμα 3.2: Διακύμανση μέσης θερμοκρασίας α) για τον Οκτώβριο, β) για τον Νοέμβριο, γ) για τον Δεκέμβριο, δ) για τον Ιανουάριο, ε) για τον Φεβρουάριο, ζ) για τον Μάρτιο, η) για τον Απρίλιο, θ) για τον Μάιο, ι) για τον Ιούνιο, κ) για τον Ιούλιο, λ) για τον Αύγουστο, μ) για τον Σεπτέμβριο για την χρονική περίοδο 1995-2008.

Από τα σχήματα 3.1 και 3.2 και από τον Πίνακα 3.1 προκύπτει ότι :

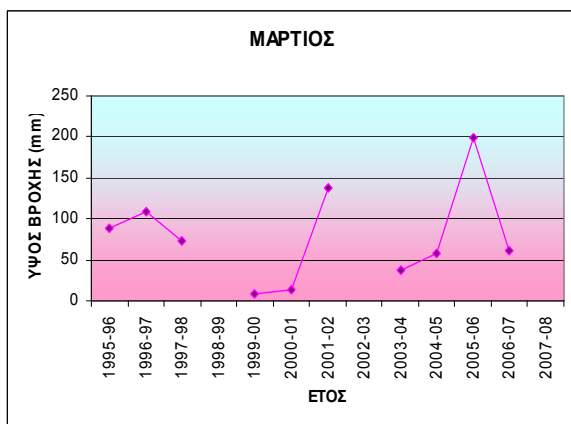
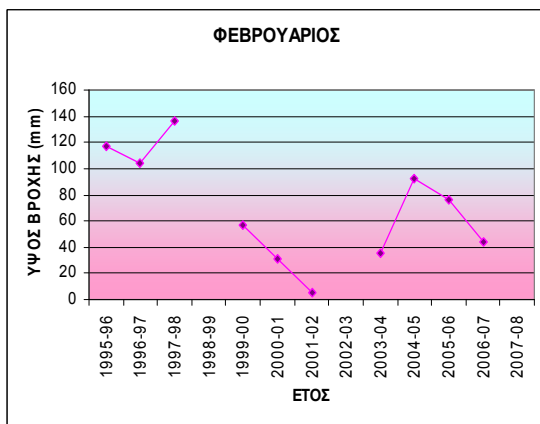
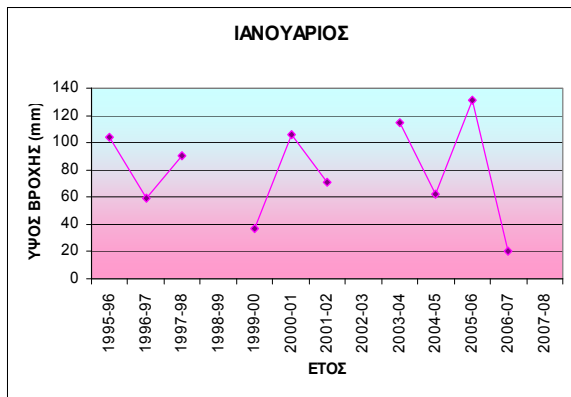
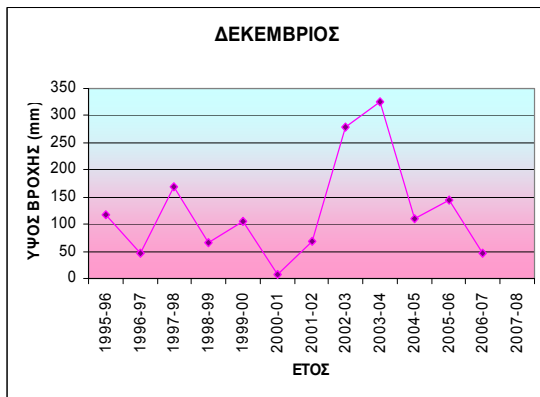
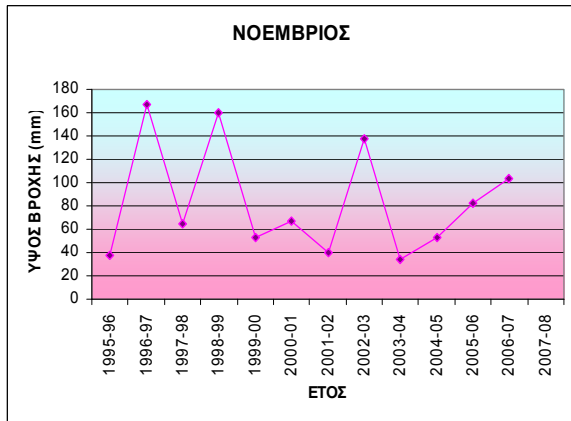
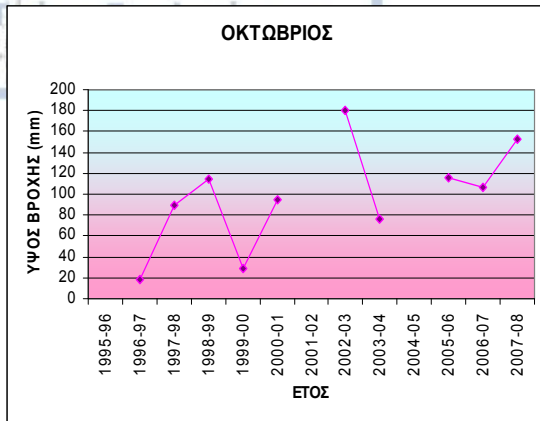
- Η μεγαλύτερη μέση μηνιαία τιμή θερμοκρασίας παρατηρείται τον μήνα Ιούλιο ($25,5^{\circ}\text{C}$), ενώ η μικρότερη τον μήνα Ιανουάριο ($4,7^{\circ}\text{C}$).
- Η μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας για το χρονικό διάστημα 1995-2008 παρατηρείται το έτος 2000-2001 ($27,4^{\circ}\text{C}$), ενώ η χαμηλότερη το έτος 2001-2002 ($1,1^{\circ}\text{C}$).
- Η μέγιστη μηνιαία τιμή θερμοκρασίας για τα έτη 1995-2008 παρατηρείται τον μήνα Αύγουστο ($27,4^{\circ}\text{C}$), ενώ η μικρότερη μηνιαία τιμή θερμοκρασίας παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο ($1,1^{\circ}$).

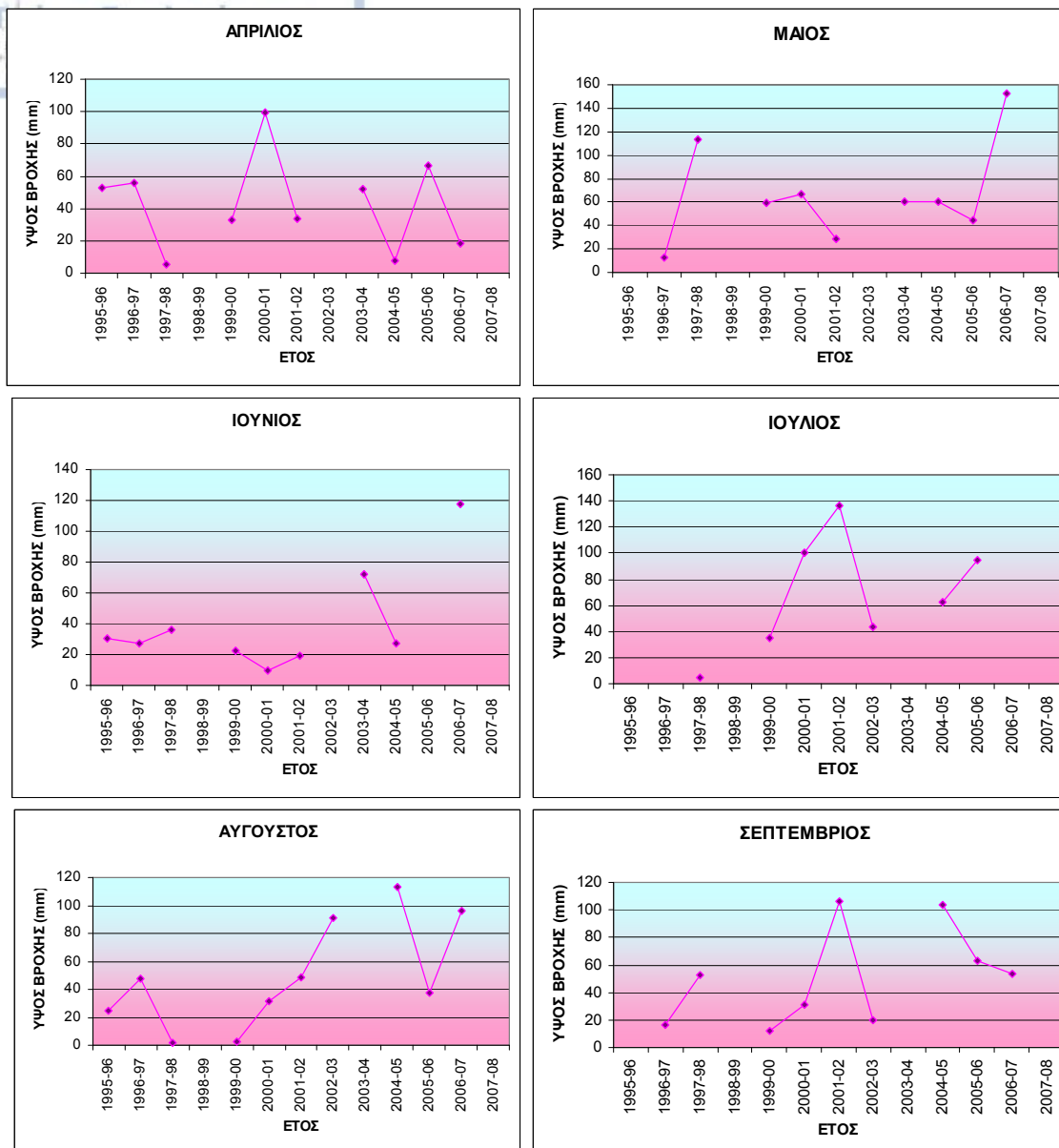
Πίνακας 3.2 : Μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για τα έτη 1995 -2008

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ: ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ ΚΑΒΑΛΑΣ													ΕΠΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ									
ΥΠΗΡΕΣΙΑ: Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ																						
ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 200 m.																						
ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΗΣΙΟ	MIN	Μ.Ο	MAX	ΧΕΙΜ	ΑΝΟΙΞΗ	ΘΕΡΟΣ	ΦΘΙΝ		
1995-96		38,2	117,7	104,4	116,8	88,8	52,9		30,2		25		574	25	71,8	117,7	310	141,7	55,2	38,2		
1996-97	19	166,9	46	59	104,6	109,3	56	12,4	27		48	16,1	664,3	12,4	60,4	166,9	272,9	177,7	75	202		
1997-98	89,6	65,2	169,6	90,2	136,5	73,6	5	113,3	36,2	4,4	1,3	52,9	837,8	1,3	69,8	169,6	300,3	191,9	41,9	207,7		
1998-99	114,6	160	65,8										340,4	65,8	113,5	160	0	0	0	274,6		
1999-00	28,5	52,7	104,3	37	56,6	8	33,2	59	22,5	35,1	2,9	12,1	451,9	2,9	37,7	104,3	101,6	100,2	60,5	93,3		
2000-01	94,3	67,1	6,6	106,2	31,3	14,3	99,1	66,7	10	100,8	31,7	31,5	659,6	6,6	55,0	106,2	151,8	180,1	142,5	192,9		
2001-02		39,9	67,4	71,3	5,6	137,9	33,4	28,5	19,4	135,9	48,4	106,6	694,3	5,6	63,1	137,9	214,8	199,8	203,7	146,5		
2002-03	180,3	137,8	279,4							43,5	91,3	19,8	752,1	19,8	125,4	279,4	0	0	134,8	337,9		
2003-04	76,8	34,5	326,3	114,8	35,3	36,8	51,9	59,9	72,2				808,5	34,5	89,8	326,3	186,9	148,6	72,2	111,3		
2004-05		53,2	110,3	62,6	92	58,5	7,9	60,2	27,2	62,6	113,3	103,5	751,3	7,9	68,3	113,3	213,1	126,6	203,1	156,7		
2005-06	115,5	82	143,3	131,2	76,6	199	66,8	44,3		94,7	37,1	62,6	1053,1	37,1	95,7	199	406,8	310,1	131,8	260,1		
2006-07	106,5	103	47	20,7	43,6	60,4	18,6	152,1	117,3		96,3	53,8	819,3	18,6	74,5	152,1	124,7	231,1	213,6	263,3		
2007-08	152,2														12,6		0	0	0	152,2		
Aver.	97,7	83,4	123,6	79,7	69,9	78,7	42,5	66,3	40,2	68,1	49,5	51,0	700,6	19,8	77,1	171,0	175,6	139,062	102,638	187,4385		
Max	180,3	166,9	326,3	131,2	136,5	199	99,1	152,1	117,3	135,9	113,3	106,6	1053,1	65,8	125,35	326,3						
Min	19	34,5	6,6	20,7	5,6	8	5	12,4	10	4,4	1,3	12,1	340,4	1,3	12,6	104,3						
S.d	49,4	47,6	102,2	35,6	42,2	58,4	28,9	42,6	33,7	45,0	38,8	35,5	187,0	18,7	24,9	72,6	129,3	94,4992	74,4799	83,02443		



Σχήμα 3.3: Διακύμανση μέσης ετήσιας τιμής θερμοκρασίας για το χρονικό διάστημα 1995-2008





Σχήμα 3.4: Διακύμανση μηνιαίου ύψους βροχής για α) τον Οκτώβριο, β) τον Νοέμβριο, γ) τον Δεκέμβριο, δ) τον Ιανουάριο, ε) τον Φεβρουάριο, ζ) τον Μάρτιο, η) τον Απρίλιο, θ) τον Μάιο, ι) τον Ιούνιο, κ) τον Ιούλιο, λ) τον Αύγουστο, μ) τον Σεπτέμβριο για την περίοδο 1995-2008.

Από τα σχήματα 3.3 – 3.4 και τον Πίνακα 3.2 προκύπτει ότι

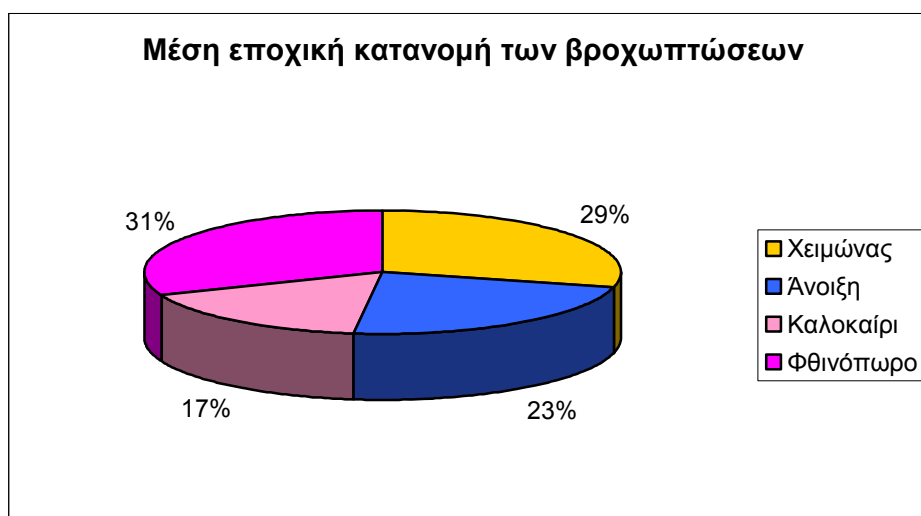
- Η μέση εποχική κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (σχήμα 3.5) είναι :

Χειμώνας: 175,6 mm ποσοστό 29 %.

Άνοιξη: 139,06 mm ποσοστό 23 %.

Καλοκαίρι: 102,6 mm ποσοστό 17 %.

Φθινόπωρο: 187,44 mm ποσοστό 31 %.



Σχήμα 3.5: Μέση εποχική κατανομή (%) των βροχοπτώσεων.

- Ο μέσος όρος των μέσων μηνιαίων βροχοπτώσεων κατά τη χρονική διάρκεια 1995-2008 είναι 700,6 mm με μέγιστη τιμή 1053,1 mm το έτος 2005-2006 και ελάχιστη 340,4 mm το έτος 1998-1999.
- Η περιοχή δέχεται κατά μέσο όρο, το μεγαλύτερο όγκο ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων το μήνα Δεκέμβριο (123,6 mm), ενώ το μικρότερο τον μήνα Ιούνιο (40,2 mm).
- Η μεγαλύτερη μηνιαία τιμή παρατηρείται τον Δεκέμβριο του 2003 (326,3 mm) ενώ η μικρότερη τον μήνα Αύγουστο του 1998 (1,3 mm).

4. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Για τον καθορισμό της ποιότητας των υπόγειων νερών της περιοχής πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις. Στην παρούσα εργασία αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν συνολικά 18 δείγματα νερού από υδρογεωτρήσεις του Δήμου Πιερρών για την περίοδο του Ιουνίου του 2005 και για την περίοδο του Ιουνίου του 2006.

Για τον πλήρη καθορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, απαιτείται μια σειρά από αναλύσεις. Αυτές μπορεί να είναι αναλύσεις για τον προσδιορισμό κάποιων φυσικών ιδιοτήτων του νερού, μικροβιολογικές και χημικές αναλύσεις. Στις χημικές αναλύσεις περιλαμβάνεται ο προσδιορισμός ενός μεγάλου αριθμού παραμέτρων, όπως οργανικές ενώσεις, διαλυμένα άλατα, ιχνοστοιχεία, βαρέα μέταλλα. Στην παρούσα εργασία τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού εξασφαλίζονται με προσδιορισμό της συγκέντρωσης των κύριων ανιόντων και κατιόντων του.

Τα δείγματα που πάρθηκαν αναλύθηκαν χημικώς ως προς τα κύρια συστατικά τους καθώς και ως προς τα νιτρικά ιόντα, που ανήκουν στα δευτερεύοντα συστατικά. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων εκφρασμένα σε mg/l φαίνονται στους Πίνακες 4.1 και 4.3 για την περίοδο του Ιουνίου 2005 και του Ιουνίου 2006 αντίστοιχα ενώ σε meq/l φαίνονται στους Πίνακες 4.2 και 4.4. Και στους τέσσερις αυτούς πίνακες εκτός από τις συγκεντρώσεις των διαφόρων ιόντων, δίνονται το pH, η αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$) και η ολική σκληρότητα των νερών.

Η θέση των γεωτρήσεων φαίνεται στο σχήμα 4.1.

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων σε **mg/lit** της Πιέριας κοιλάδας για τον Ιούνιο του 2005

α/α	ΔΕΙΓΜΑ	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Αγωγιμότητα (μS/cm)	pH	KATIONTA (mg/lit)				ANIONTA (mg/lit)				Ολική σκληρότητα
					Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl	
1	MMΣ7	Ιούνιος 2005	405	7.5	64.8	13.4	1.6	6.2	229	12.9	18.0	3.9	217
2	ΜΠ3	Ιούνιος 2005	427	7.4	77.6	13.9	0.9	7.1	254	9.4	26.0	6.4	251
3	ΜΠ8	Ιούνιος 2005	457	7.5	83.6	8.1	1.1	10.7	267	13.1	25.5	9.1	242
4	ΜΠ10	Ιούνιος 2005	535	7.4	79.2	14.9	1.8	22.4	288	8.4	28.2	15.2	259
5	MM3	Ιούνιος 2005	376	7.9	54.4	12.5	0.9	4.6	201	1.9	13.6	3.9	187
6	MM4	Ιούνιος 2005	360	7.6	77.6	1.7	0.8	5.1	209	9.0	18.5	3.7	201
7	MM5	Ιούνιος 2005	347	6.6	60.8	6.1	1.6	11.1	128	32.4	49.3	8.9	177
8	ΜΣ3	Ιούνιος 2005	624	7.4	102.0	8.8	2.2	37.2	287	57.1	55.9	23.2	291
9	ΜΣ5	Ιούνιος 2005	531	7.4	102.8	1.5	2.6	15.9	243	51.2	29.0	13.8	263
10	ΜΚ2	Ιούνιος 2005	485	7.2	67.6	13.9	1.4	28.3	255	11.7	18.9	24.7	226
11	ΜΑ1	Ιούνιος 2005	297	7.1	64.4	1.2	1.2	14.9	181	9.4	20.2	7.8	166
12	ΜΧ1	Ιούνιος 2005	506	7.2	79.6	15.1	1.7	21.7	224	45.7	40.5	16.8	261
13	ΜΠΛ3	Ιούνιος 2005	395	7.8	60.4	16.6	0.8	4.7	223	10.6	19.8	4.7	219
14	ΜΠΛ5	Ιούνιος 2005	396	7.5	68.4	12.0	1.0	5.1	216	9.4	25.1	7.3	228
15	ΜΠΛ10	Ιούνιος 2005	353	7.5	64.8	9.3	1.3	7.2	218	8.0	12.8	2.9	200
16	ΜΠΛ14	Ιούνιος 2005	390	7.7	75.2	9.8	1.1	4.9	237	19.0	4.0	4.3	228
17	ΜΔ2	Ιούνιος 2005	273	6.8	19.6	9.3	1.8	16.2	88	7.7	31.7	11.6	87
18	ΜΔ3	Ιούνιος 2005	173	7.3	27.2	1.5	1.5	9.5	89	6.2	11.9	4.6	74

Πίνακας 4.2 : Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων σε **meq/lit** της Πιέρις κοιλάδας για τον Ιούνιο του 2005

α/α	ΔΕΙΓΜΑ	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Αγωγιμότητα (μS/cm)	pH	KATIONTA (meq/lit)				ANIONTA (meq/lit)				Ολική σκληρότητα
					Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl	
1	MMΣ7	Ιούνιος 2005	405	7.46	3.234	1.104	0.041	0.270	3.754	0.269	0.291	0.110	217
2	ΜΠ3	Ιούνιος 2005	427	7.4	3.872	1.145	0.023	0.309	4.164	0.196	0.419	0.180	251
3	ΜΠ8	Ιούνιος 2005	457	7.49	4.172	0.663	0.028	0.465	4.377	0.273	0.412	0.256	242
4	ΜΠ10	Ιούνιος 2005	535	7.37	3.952	1.225	0.046	0.974	4.721	0.175	0.454	0.428	259
5	ΜΜ3	Ιούνιος 2005	376	7.85	2.715	1.024	0.023	0.200	3.295	0.040	0.220	0.110	187
6	ΜΜ4	Ιούνιος 2005	360	7.57	3.872	0.141	0.021	0.222	3.426	0.188	0.298	0.104	201
7	ΜΜ5	Ιούνιος 2005	347	6.58	3.034	0.502	0.041	0.483	2.098	0.675	0.795	0.251	177
8	ΜΣ3	Ιούνιος 2005	624	7.35	5.090	0.723	0.056	1.617	4.705	1.190	0.901	0.654	291
9	ΜΣ5	Ιούνιος 2005	531	7.37	5.130	0.120	0.067	0.691	3.984	1.067	0.468	0.389	263
10	ΜΚ2	Ιούνιος 2005	485	7.18	3.373	1.145	0.036	1.230	4.180	0.244	0.305	0.696	226
11	ΜΑ1	Ιούνιος 2005	297	7.07	3.214	0.100	0.031	0.648	2.967	0.196	0.326	0.220	166
12	ΜΧ1	Ιούνιος 2005	506	7.23	3.972	1.245	0.044	0.943	3.672	0.952	0.653	0.473	261
13	ΜΠΑ3	Ιούνιος 2005	395	7.78	3.014	1.365	0.021	0.204	3.656	0.221	0.319	0.132	219
14	ΜΠΑ5	Ιούνιος 2005	396	7.52	3.413	0.984	0.026	0.222	3.541	0.196	0.405	0.206	228
15	ΜΠΑ10	Ιούνιος 2005	353	7.53	3.234	0.763	0.033	0.313	3.574	0.167	0.206	0.082	200
16	ΜΠΑ14	Ιούνιος 2005	390	7.65	3.752	0.803	0.028	0.213	3.885	0.396	0.064	0.121	228
17	ΜΔ2	Ιούνιος 2005	273	6.8	0.978	0.763	0.046	0.704	1.443	0.160	0.511	0.327	87
18	ΜΔ3	Ιούνιος 2005	173	7.34	1.357	0.120	0.038	0.413	1.459	0.129	0.192	0.130	74

Πίνακας 4.3: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων σε **mg/lit** της Πιέρας κοιλάδας για τον Ιούνιο του 2006

α/α	ΔΕΙΓΜΑ	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Αγωγιμότητα(μS/cm)	pH	KATIONTA (mg/lit)				ANIONTA (mg/lit)				Ολική σκληρότητα
					Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl	
1	ΜΜΣ7	Ιούνιος 2006	414	7.34	71.2	14.2	1.8	6.6	239	14.3	19.6	4.4	239
2	ΜΠ3	Ιούνιος 2006	435	7.2	78.1	11.8	0.7	6.9	262	8.3	29.2	8	251
3	ΜΠ8	Ιούνιος 2006	449	7.4	80.2	7.2	1.1	10.1	255	12.4	22.3	8.8	236
4	ΜΠ10	Ιούνιος 2006	512	7.44	81.3	16.1	2.1	20.1	295	8.9	30.1	14.6	287
5	ΜΜ3	Ιούνιος 2006	380	7.77	50.1	11.9	0.8	4.2	198	2.1	15.2	4.3	198
6	ΜΜ4	Ιούνιος 2006	353	7.61	76.1	1.2	0.7	4.8	213	8.3	19.8	4.1	223
7	ΜΜ5	Ιούνιος 2006	338	6.71	64.9	8.2	1.8	11.7	146	33.4	50.6	9.4	189
8	ΜΣ3	Ιούνιος 2006	598	7.1	112	9.4	2.4	39.6	297	60.1	51.2	24.8	303
9	ΜΣ5	Ιούνιος 2006	513	7.4	115.7	4.7	3.1	17.2	267	54.3	34.1	14.9	281
10	ΜΚ2	Ιούνιος 2006	496	7.39	72.4	11.2	1.1	23.3	261	14.5	14.9	22.1	239
11	ΜΑ1	Ιούνιος 2006	289	7.12	66.7	3.4	1.1	12.2	193	10.4	23.1	8.3	179
12	ΜΧ1	Ιούνιος 2006	497	7.32	74.1	13.4	1.9	19.7	209	38.5	43.1	17.9	241
13	ΜΠΛ3	Ιούνιος 2006	397	7.85	70.1	21.6	1.4	6.1	279	12.8	23.5	6.3	239
14	ΜΠΛ5	Ιούνιος 2006	401	7.62	74.6	17.1	1.9	7.2	251	14.9	29.8	9.1	267
15	ΜΠΛ10	Ιούνιος 2006	343	7.64	70.1	12.9	1.8	8.8	246	9.4	17.1	4.4	223
16	ΜΠΛ14	Ιούνιος 2006	387	7.71	81.4	11.9	1.4	6.1	271	21.1	5.2	4.9	253
17	ΜΔ2	Ιούνιος 2006	264	7.1	17.8	11.1	1.6	15.4	99	6.3	29.2	8.9	81
18	ΜΔ3	Ιούνιος 2006	188	7.28	24.1	1.1	1.9	12.1	82	6.8	14.7	5.1	69

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων σε meq/lit της Πιέρις κοιλάδας για τον Ιούνιο του 2006

α/α	ΔΕΙΓΜΑ	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	ΚΑΤΙΟΝΤΑ (meq/lit)				ΑΝΙΟΝΤΑ (meq/lit)				Ολική σκληρότητα
					Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl	
1	ΜΜΣ7	Ιούνιος 2006	414	7.34	3.553	1.168	0.046	0.287	3.918	0.298	0.316	0.124	239
2	ΜΠ3	Ιούνιος 2006	435	7.2	3.897	0.970	0.018	0.300	4.295	0.173	0.471	0.225	251
3	ΜΠ8	Ιούνιος 2006	449	7.4	4.002	0.592	0.028	0.439	4.180	0.258	0.360	0.248	236
4	ΜΠ10	Ιούνιος 2006	512	7.44	4.057	1.324	0.054	0.874	4.836	0.185	0.485	0.411	287
5	ΜΜ3	Ιούνιος 2006	380	7.77	2.500	0.979	0.021	0.183	3.246	0.044	0.245	0.121	198
6	ΜΜ4	Ιούνιος 2006	353	7.61	3.797	0.099	0.018	0.209	3.492	0.173	0.319	0.115	223
7	ΜΜ5	Ιούνιος 2006	338	6.71	3.239	0.674	0.046	0.509	2.393	0.696	0.816	0.265	189
8	ΜΣ3	Ιούνιος 2006	598	7.1	5.589	0.773	0.062	1.722	4.869	1.252	0.826	0.699	303
9	ΜΣ5	Ιούνιος 2006	513	7.4	5.773	0.387	0.079	0.748	4.377	1.131	0.550	0.420	281
10	ΜΚ2	Ιούνιος 2006	496	7.39	3.613	0.921	0.028	1.013	4.279	0.302	0.240	0.623	239
11	ΜΑ1	Ιούνιος 2006	289	7.12	3.328	0.280	0.028	0.530	3.164	0.217	0.373	0.234	179
12	ΜΧ1	Ιούνιος 2006	497	7.32	3.698	1.102	0.049	0.857	3.426	0.802	0.695	0.504	241
13	ΜΠΑ3	Ιούνιος 2006	397	7.85	3.498	1.776	0.036	0.265	4.574	0.267	0.379	0.177	239
14	ΜΠΑ5	Ιούνιος 2006	401	7.62	3.723	1.406	0.049	0.313	4.115	0.310	0.481	0.256	267
15	ΜΠΑ10	Ιούνιος 2006	343	7.64	3.498	1.061	0.046	0.383	4.033	0.196	0.276	0.124	223
16	ΜΠΑ14	Ιούνιος 2006	387	7.71	4.062	0.979	0.036	0.265	4.443	0.440	0.084	0.138	253
17	ΜΔ2	Ιούνιος 2006	264	7.1	0.888	0.913	0.041	0.670	1.623	0.131	0.471	0.251	81
18	ΜΔ3	Ιούνιος 2006	188	7.28	1.203	0.090	0.049	0.526	1.344	0.142	0.237	0.144	69

Στη δεύτερη στήλη του κάθε πίνακα παρουσιάζονται τα δείγματα των γεωτρήσεων από τις οποίες έγινε συλλογή νερού, ενώ στις υπόλοιπες φαίνονται οι συγκεντρώσεις σε mg/l (Πίνακες 4.1 και 4.3) και σε meq/l (Πίνακες 4.2 και 4.4) των διαφόρων ιόντων, η αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$), το pH και η ολική σκληρότητα των νερών.

Συνοπτικά για την περίοδο του Ιουνίου του 2005 η γεώτρηση που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της ολικής σκληρότητας είναι η ΜΣ3 που βρίσκεται στο χωριό Σιδηροχώρι, στην οποία οι συγκεντρώσεις του κατιόντος Na^+ , όσο και των ανιόντων SO_4^- και NO_3^- είναι οι μεγαλύτερες της περιόδου. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κατιόντα Ca^{++} και K^+ παρατηρείται στην γεώτρηση ΜΣ5 που βρίσκεται και αυτή στο χωριό του Σιδηροχωρίου, ενώ οι γεωτρήσεις ΜΚ2 και ΜΠΛ3 έχουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε HCO_3^- , Cl^- και Mg^{++} αντίστοιχα.

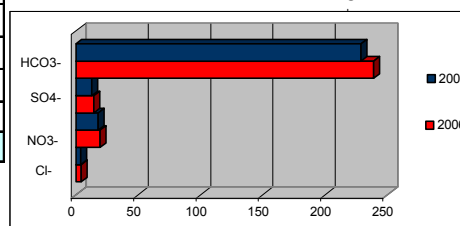
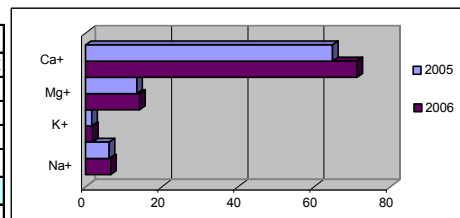
Για την περίοδο του Ιουνίου του 2006 η γεώτρηση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της ολικής σκληρότητας είναι πάλι η ΜΣ3, η οποία έχει και τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε ιόντα Na^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^- και NO_3^- . Τη μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης Ca^{++} και K^+ την έχει η γεώτρηση ΜΣ5 ενώ τη μεγαλύτερη συγκεντρώση Mg^{++} την έχει η γεώτρηση ΜΠΛ3 η οποία βρίσκεται στην περιοχή Πλατανότοπος.

Στους Πίνακες που ακολουθούν (Πίνακες 4.5 – 4.22) παρουσιάζονται οι χημικές αναλύσεις των νερών για την κάθε γεώτρηση ξεχωριστά. Στην χημική ανάλυση του νερού της κάθε γεώτρησης υπάρχουν συγκριτικά διαγράμματα των κατιόντων και των ανιόντων για τις δύο περιόδους, όπως επίσης παρουσιάζονται και τα ανώτατα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας του νερού σύμφωνα με την Οδηγία 80/778 ΕΟΚ, ΦΕΚ 53Α/20-2-86.

Πίνακας 4.5: Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΜΣ7

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,5	7,3
Αγωγιμότητα (μS/cm)	405	414
Ολική σκληρότητα	217	239

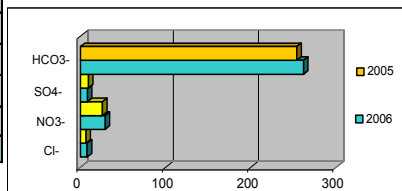
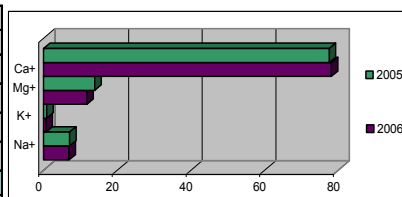
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		64,8	3,23	71,2	3,55
	Mg ⁺	50	13,43	1,104	14,2	1,16
	K ⁺	12	1,6	0,041	1,8	0,04
	Na ⁺	150	6,2	0,27	6,6	0,287
	Σύνολο		86,03	4,645	93,8	5,037
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		229	3,754	239	3,91
	SO ₄ ⁻	250	12,9	0,269	14,3	0,29
	NO ₃ ⁻	50	18,014	0,291	19,6	0,31
	Cl ⁻	200	3,9	0,11	4,4	0,124
	Σύνολο		263,814	4,424	277,3	4,634



Πίνακας 4.6: Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΠ3

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,4	7,3
Αγωγιμότητα (μS/cm)	427	414
Ολική σκληρότητα	251	239

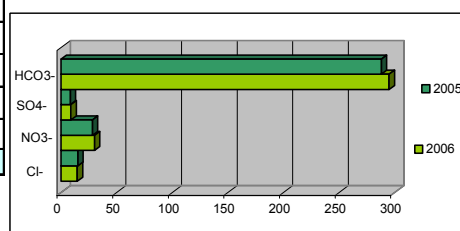
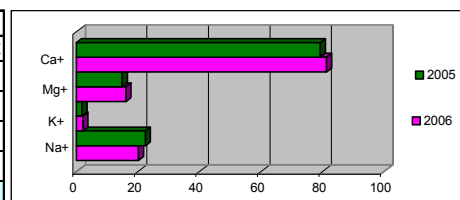
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		77,6	3,872	78,1	3,89
	Mg ⁺	50	13,918	1,145	11,8	0,97
	K ⁺	12	0,9	0,023	0,7	0,018
	Na ⁺	150	7,1	0,309	6,9	0,3
	Σύνολο		99,518	5,349	97,5	5,178
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		254	4,164	262	4,295
	SO ₄ ⁻	250	9,4	0,196	8,3	0,173
	NO ₃ ⁻	50	25,96	0,419	29,2	0,471
	Cl ⁻	200	6,4	0,18	8	0,225
	Σύνολο		295,76	4,959	307,5	5,164



Πίνακας 4.7: Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΗ10

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,4	7,44
Αγωγιμότητα	535	512
Ολική σκληρότητα	259	287

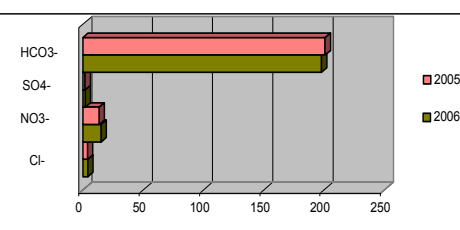
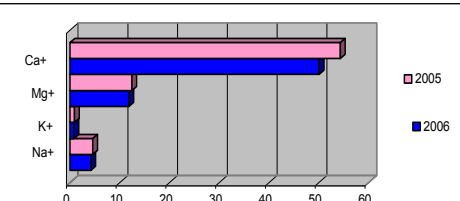
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		79,2	3,952	81,3	4,057
	Mg ⁺	50	14,89	1,225	16,1	1,324
	K ⁺	12	1,8	0,046	2,1	0,054
	Na ⁺	150	22,4	0,974	20,1	0,874
	Σύνολο		118,29	6,197	119,6	6,309
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		288	4,721	295	4,836
	SO ₄ ⁻	250	8,4	0,175	8,9	0,185
	NO ₃ ⁻	50	28,16	0,454	30,1	0,485
	Cl ⁻	200	15,2	0,428	14,6	0,411
	Σύνολο		339,76	5,778	348,6	5,917



Πίνακας 4.8 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΜ3

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,4	7,77
Αγωγιμότητα	427	380
Ολική σκληρότητα	251	198

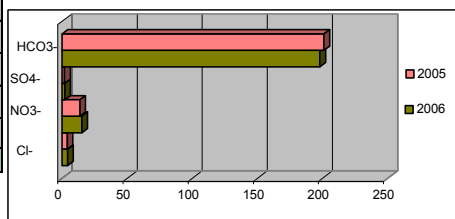
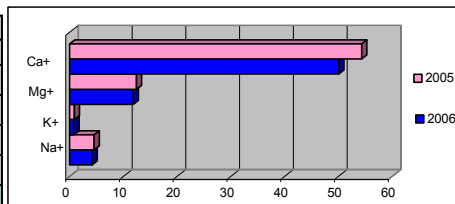
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		54,4	2,71	50,1	2,5
	Mg ⁺	50	12,45	1,024	11,9	0,97
	K ⁺	12	0,9	0,023	0,8	0,02
	Na ⁺	150	4,6	0,2	4,2	0,18
	Σύνολο		72,35	3,957	67	3,67
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		201	3,295	198	3,24
	SO ₄ ⁻	250	1,9	0,04	2,1	0,04
	NO ₃ ⁻	50	13,64	0,22	15,2	0,24
	Cl ⁻	200	3,9	0,11	4,3	0,12
	Σύνολο		220,44	3,665	219,6	3,64



Πίνακας 4.9: Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης MM3

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,4	7,77
Αγωγιμότητα	427	380
Ολική σκληρότητα	251	198

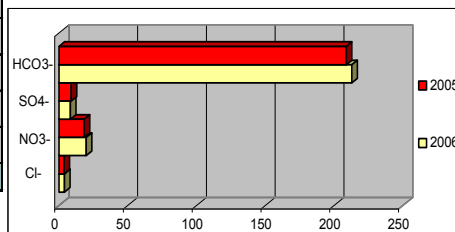
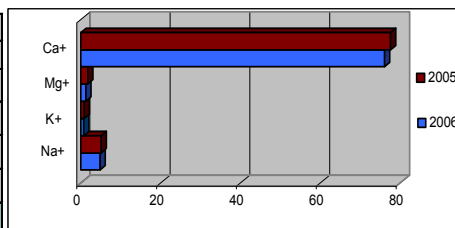
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		54,4	2,71	50,1	2,5
	Mg ⁺	50	12,45	1,024	11,9	0,97
	K ⁺	12	0,9	0,023	0,8	0,02
	Na ⁺	150	4,6	0,2	4,2	0,18
	Σύνολο		72,35	3,957	67	3,67
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		201	3,295	198	3,24
	SO ₄ ⁻	250	1,9	0,04	2,1	0,04
	NO ₃ ⁻	50	13,64	0,22	15,2	0,24
	Cl ⁻	200	3,9	0,11	4,3	0,12
	Σύνολο		220,44	3,665	219,6	3,64



Πίνακας 4.10: Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης MM4

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,6	7,61
Αγωγιμότητα	360	353
Ολική σκληρότητα	201	223

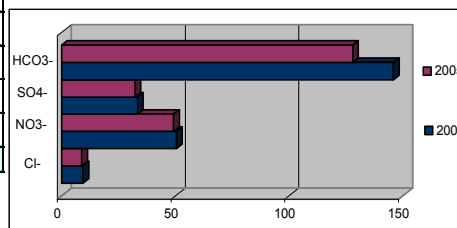
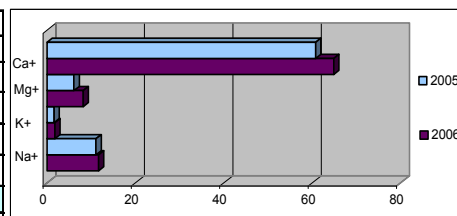
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		77,6	3,872	76,1	3,797
	Mg ⁺	50	1,709	0,141	1,2	0,099
	K ⁺	12	0,8	0,021	0,7	0,018
	Na ⁺	150	5,1	0,222	4,8	0,209
	Σύνολο		85,209	4,256	82,8	4,123
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		209	3,426	213	3,492
	SO ₄ ⁻	250	9	0,188	8,3	0,173
	NO ₃ ⁻	50	18,48	0,298	19,8	0,319
	Cl ⁻	200	3,7	0,104	4,1	0,115
	Σύνολο		240,18	4,016	245,2	4,099



Πίνακας 4.11 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης MM5

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	6,6	6,71
Αγωγιμότητα	347	338
Ολική σκληρότητα	177	189

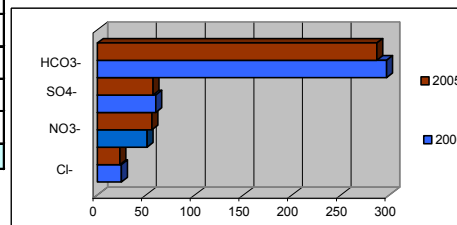
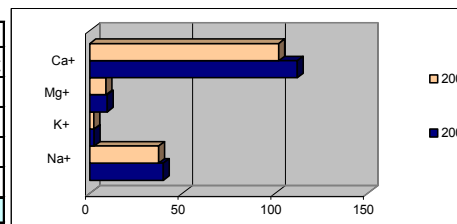
		Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
		mg/lit	mg/lit	meq/lit	mg/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		60,8	3,034	64,9
	Mg ⁺	50	6,105	0,502	8,2
	K ⁺	12	1,6	0,041	1,8
	Na ⁺	150	11,1	0,483	11,7
	Σύνολο		79,605	4,06	86,6
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		128	2,098	146
	SO ₄ ⁻	250	32,4	0,675	33,4
	NO ₃ ⁻	50	49,28	0,795	50,6
	Cl ⁻	200	8,9	0,251	9,4
	Σύνολο		218,58	3,819	239,4



Πίνακας 4.12 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης MΣ3

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,4	7,1
Αγωγιμότητα	624	598
Ολική σκληρότητα	291	303

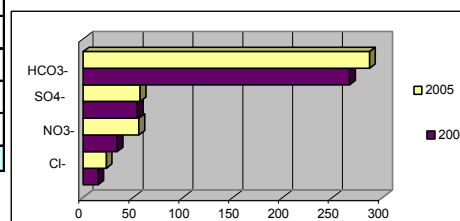
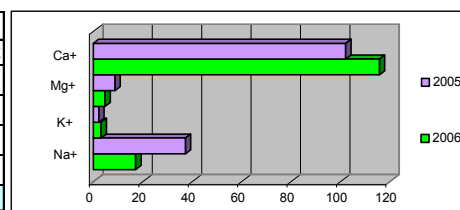
		Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
		mg/lit	mg/lit	meq/lit	mg/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		102	5,09	112
	Mg ⁺	50	8,79	0,723	9,4
	K ⁺	12	2,2	0,056	2,4
	Na ⁺	150	37,2	1,617	39,6
	Σύνολο		150,19	7,486	163,4
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		287	4,705	297
	SO ₄ ⁻	250	57,1	1,19	60,1
	NO ₃ ⁻	50	55,88	0,901	51,2
	Cl ⁻	200	23,2	0,654	24,8
	Σύνολο		423,18	7,45	433,1



Πίνακας 4.13 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΣ5

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,4	7,4
Αγωγιμότητα	531	513
Ολική σκληρότητα	263	281

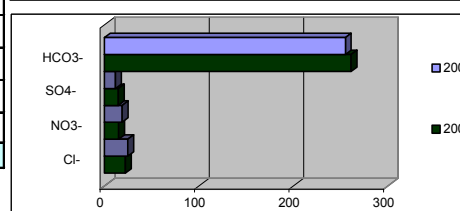
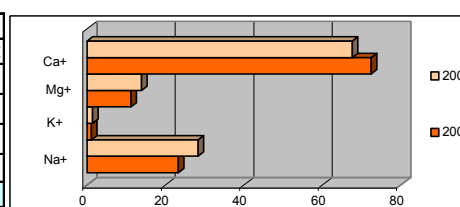
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		102	5,09	115,7	5,77
	Mg ⁺	50	8,79	0,723	4,7	0,387
	K ⁺	12	2,2	0,056	3,1	0,079
	Na ⁺	150	37,2	1,617	17,2	0,748
	Σύνολο		150,19	7,486	140,7	6,984
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		287	4,705	267	4,377
	SO ₄ ⁻	250	57,1	1,19	54,3	1,131
	NO ₃ ⁻	50	55,88	0,901	34,1	0,55
	Cl ⁻	200	23,2	0,654	14,9	0,42
	Σύνολο		423,18	7,45	370,3	6,478



Πίνακας 4.14 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΚ2

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,2	7,39
Αγωγιμότητα	485	496
Ολική σκληρότητα	226	239

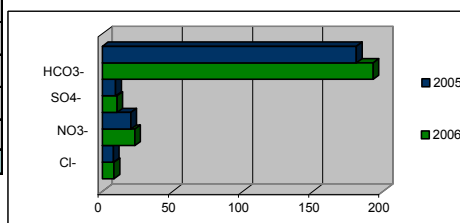
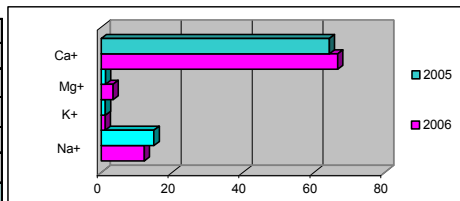
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		67,6	3,373	72,4	3,613
	Mg ⁺	50	13,918	1,145	11,2	0,921
	K ⁺	12	1,4	0,036	1,1	0,028
	Na ⁺	150	28,3	1,23	23,3	1,013
	Σύνολο		111,218	5,784	108	5,575
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		255	4,18	261	4,279
	SO ₄ ⁻	250	11,7	0,244	14,5	0,302
	NO ₃ ⁻	50	18,9	0,305	14,9	0,24
	Cl ⁻	200	24,7	0,696	22,1	0,623
	Σύνολο		310,3	5,425	312,5	5,444



Πίνακας 4.15 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης MA1

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,1	7,12
Αγωγιμότητα	297	289
Ολική σκληρότητα	226	179

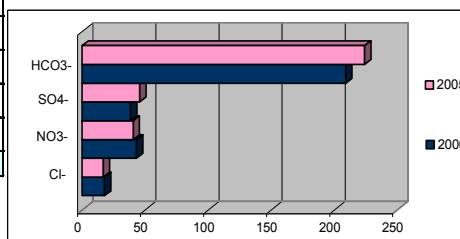
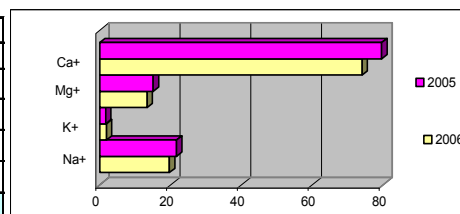
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		64,4	3,214	66,7	3,328
	Mg ⁺	50	1,221	0,1	3,4	0,28
	K ⁺	12	1,2	0,031	1,1	0,028
	Na ⁺	150	14,9	0,648	12,2	0,53
	Σύνολο		81,721	3,993	83,4	4,166
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		181	2,967	193	3,164
	SO ₄ ⁻	250	9,4	0,196	10,4	0,217
	NO ₃ ⁻	50	20,24	0,326	23,1	0,373
	Cl ⁻	200	7,8	0,22	8,3	0,234
	Σύνολο		218,44	3,709	234,8	3,988



Πίνακας 4.16 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης MX1

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,2	7,32
Αγωγιμότητα	506	497
Ολική σκληρότητα	166	241

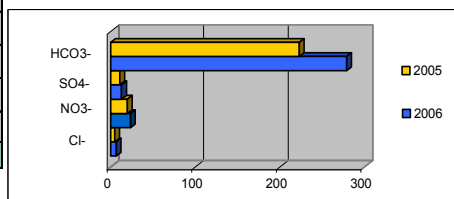
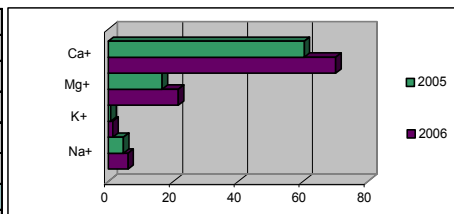
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		79,6	3,972	74,1	3,698
	Mg ⁺	50	15,139	1,245	13,4	1,102
	K ⁺	12	1,7	0,044	1,9	0,049
	Na ⁺	150	21,7	0,943	19,7	0,857
	Σύνολο		118,139	6,204	109,1	5,706
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		224	3,672	209	3,426
	SO ₄ ⁻	250	45,7	0,952	38,5	0,802
	NO ₃ ⁻	50	40,48	0,653	43,1	0,695
	Cl ⁻	200	16,8	0,473	17,9	0,504
	Σύνολο		326,98	5,75	308,5	5,427



Πίνακας 4.17 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΠΛ3

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,8	7,85
Αγωγιμότητα	395	397
Ολική σκληρότητα	219	239

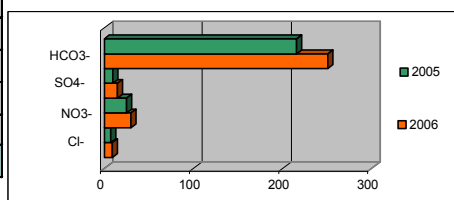
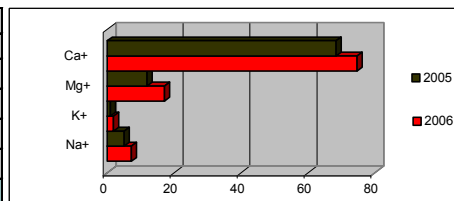
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		60,4	3,014	70,1	3,498
	Mg ⁺	50	16,604	1,365	21,6	1,776
	K ⁺	12	0,8	0,021	1,4	0,036
	Na ⁺	150	4,7	0,204	6,1	0,265
	Σύνολο		82,504	4,604	99,2	5,575
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		223	3,656	279	4,574
	SO ₄ ⁻	250	10,6	0,221	12,8	0,267
	NO ₃ ⁻	50	19,8	0,319	23,5	0,379
	Cl ⁻	200	4,7	0,132	6,3	0,177
	Σύνολο		258,1	4,328	321,6	5,397



Πίνακας 4.18 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΠΛ5

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,5	7,62
Αγωγιμότητα	396	401
Ολική σκληρότητα	228	267

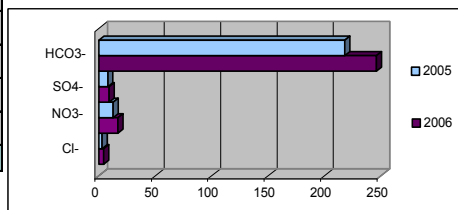
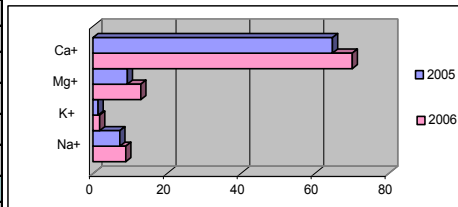
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		68,4	3,413	74,6	3,723
	Mg ⁺	50	11,965	0,984	17,1	1,406
	K ⁺	12	1	0,026	1,9	0,049
	Na ⁺	150	5,1	0,222	7,2	0,313
	Σύνολο		86,465	4,645	100,8	5,491
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		216	3,541	251	4,115
	SO ₄ ⁻	250	9,4	0,196	14,9	0,31
	NO ₃ ⁻	50	25,08	0,405	29,8	0,481
	Cl ⁻	200	7,3	0,206	9,1	0,256
	Σύνολο		257,78	4,348	304,8	5,162



Πίνακας 4.19 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΠΛ10

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,5	7,64
Αγωγιμότητα	353	343
Ολική σκληρότητα	228	223

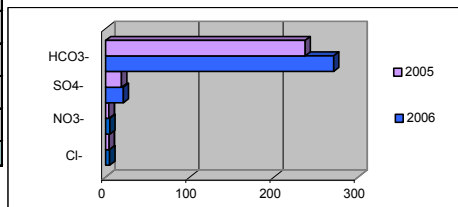
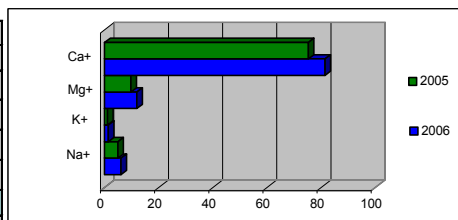
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		64,8	3,234	70,1	3,498
	Mg ⁺	50	9,279	0,793	12,9	1,061
	K ⁺	12	1,3	0,033	1,8	0,046
	Na ⁺	150	7,2	0,313	8,8	0,383
	Σύνολο		82,579	4,373	93,6	4,988
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		218	3,574	246	4,033
	SO ₄ ⁻	250	8	0,167	9,4	0,196
	NO ₃ ⁻	50	12,76	0,206	17,1	0,276
	Cl ⁻	200	2,9	0,082	4,4	0,124
	Σύνολο		241,66	4,029	276,9	4,629



Πίνακας 4.20 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΠΛ14

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,7	7,71
Αγωγιμότητα	390	387
Ολική σκληρότητα	228	253

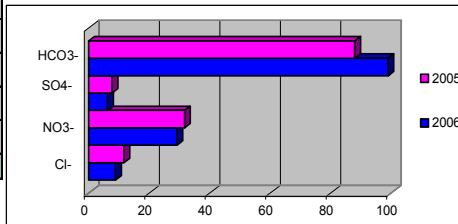
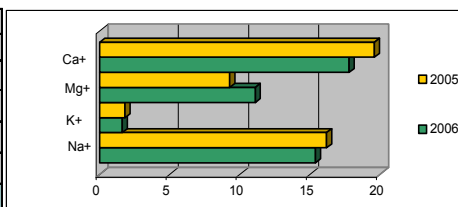
		mg/lit	Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		75,2	3,752	81,4	4,062
	Mg ⁺	50	9,767	0,803	11,9	0,979
	K ⁺	12	1,1	0,028	1,4	0,036
	Na ⁺	150	4,9	0,213	6,1	0,265
	Σύνολο		90,967	4,796	100,8	5,342
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		237	3,885	271	4,443
	SO ₄ ⁻	250	19	0,396	21,1	0,44
	NO ₃ ⁻	50	3,96	0,064	5,2	0,084
	Cl ⁻	200	4,3	0,121	4,9	0,138
	Σύνολο		264,26	4,466	302,2	5,105



Πίνακας 4.21 : Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΔ2

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	6,8	7,1
Αγωγιμότητα	273	264
Ολική σκληρότητα	87	81

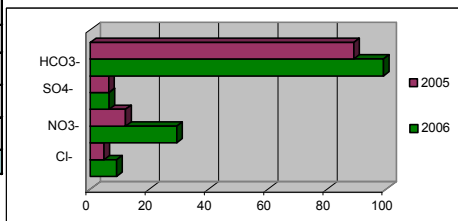
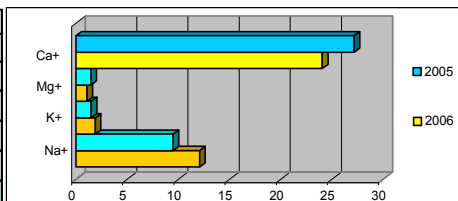
			Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		19,6	0,978	17,8	0,888
	Mg ⁺	50	9,279	0,763	11,1	0,913
	K ⁺	12	1,8	0,046	1,6	0,041
	Na ⁺	150	16,2	0,704	15,4	0,67
	Σύνολο		46,879	2,491	45,9	2,512
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		88	1,443	99	1,623
	SO ₄ ⁻	250	7,7	0,16	6,3	0,131
	NO ₃ ⁻	50	31,68	0,511	29,2	0,471
	Cl ⁻	200	11,6	0,327	8,9	0,251
	Σύνολο		138,98	2,441	143,4	2,476



Πίνακας 4.22: Χημική ανάλυση νερού γεώτρησης ΜΔ3

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
pH	7,3	7,1
Αγωγιμότητα	173	264
Ολική σκληρότητα	74	81

			Ιούνιος 2005		Ιούνιος 2006	
			mg/lit	meq/lit	mg/lit	meq/lit
Κατιόντα	Ca ⁺		27,2	1,357	24,1	1,203
	Mg ⁺	50	1,465	0,12	1,1	0,09
	K ⁺	12	1,5	0,038	1,9	0,049
	Na ⁺	150	9,5	0,413	12,1	0,526
	Σύνολο		39,665	1,928	39,2	1,868
Ανιόντα	HCO ₃ ⁻		89	1,459	99	1,344
	SO ₄ ⁻	250	6,2	0,129	6,3	0,142
	NO ₃ ⁻	50	11,88	0,192	29,2	0,237
	Cl ⁻	200	4,6	0,13	8,9	0,144
	Σύνολο		111,68	1,91	143,4	1,867



4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (E.C.)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί μια σπουδαία υδροχημική παράμετρο και η μονάδα μέτρησης της είναι το μικροSiemens ανά cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δεν απαιτεί δυσκολία στη δειγματοληψία, ούτε πολύπλοκες συσκευές, συνδέεται δε πολύ στενά με την θερμοκρασία του υπόγειου νερού. Η αύξηση της ποσότητας των διαλυμένων αλάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγονται και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, γι' αυτό η μέτρηση της πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (συνήθως 25°C). Έτσι η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και τη φύση των διαλυμένων ηλεκτροδιαλυτών.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί όχι μόνο ένα ασφαλή τρόπο διάγνωσης της ποιότητας του υπόγειου νερού, αλλά και ένα πολύ γρήγορο χονδρικό προσδιορισμό της χημικής του σύστασης. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού για τα γλυκά υπόγεια νερά κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 300 και 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ενώ σε περιπτώσεις που ο υδροφορέας έχει υποστεί ρύπανση η τιμή αυτή υπερβαίνει τα 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Στον Πίνακα 1.33 παρουσιάζονται οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού για τον Ιούνιο του 2005 και για τον Ιούνιο του 2006 στην περιοχή μελέτης.

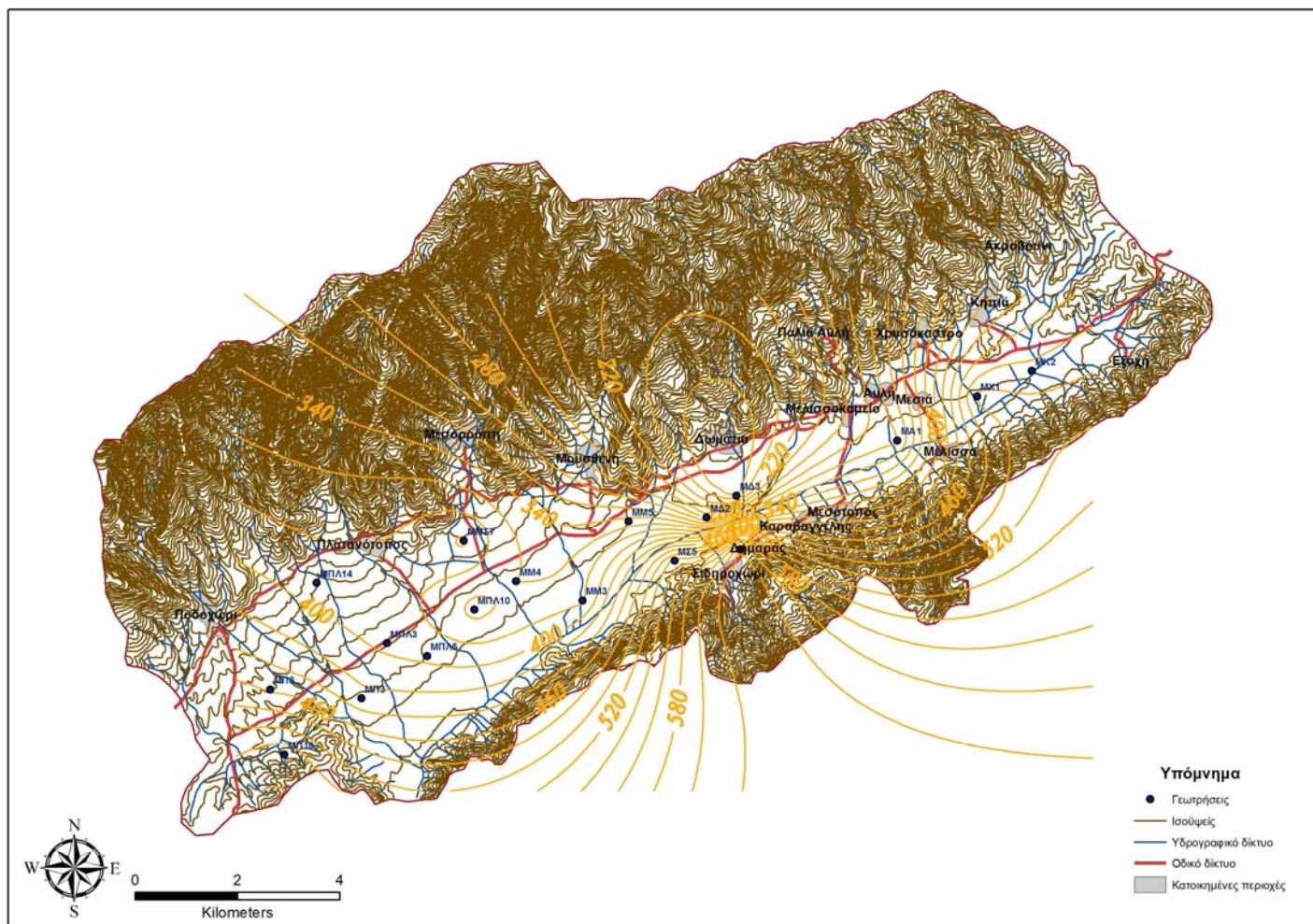
Κατά τον Ιούνιο του έτους του 2005 οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού κυμαίνονται μεταξύ 173 και 624 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ενώ για τον Ιούνιο του έτους του 2006 οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού κυμαίνονται μεταξύ 188 και 598 $\mu\text{S}/\text{cm}$ οι οποίες και αποτελούν συνηθισμένες τιμές των υπόγειων νερών. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τον Ιούνιο του 2005 και του Ιουνίου του 2006 είναι συγκριτικά παραπλήσιες με κάποια ελαφρά μείωση της αγωγιμότητας από τον Ιούνιο του 2005 στον Ιούνιο του 2006.

Πίνακας 4.23: Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τον Ιούνιο του 2005 και τον Ιούνιο του 2006

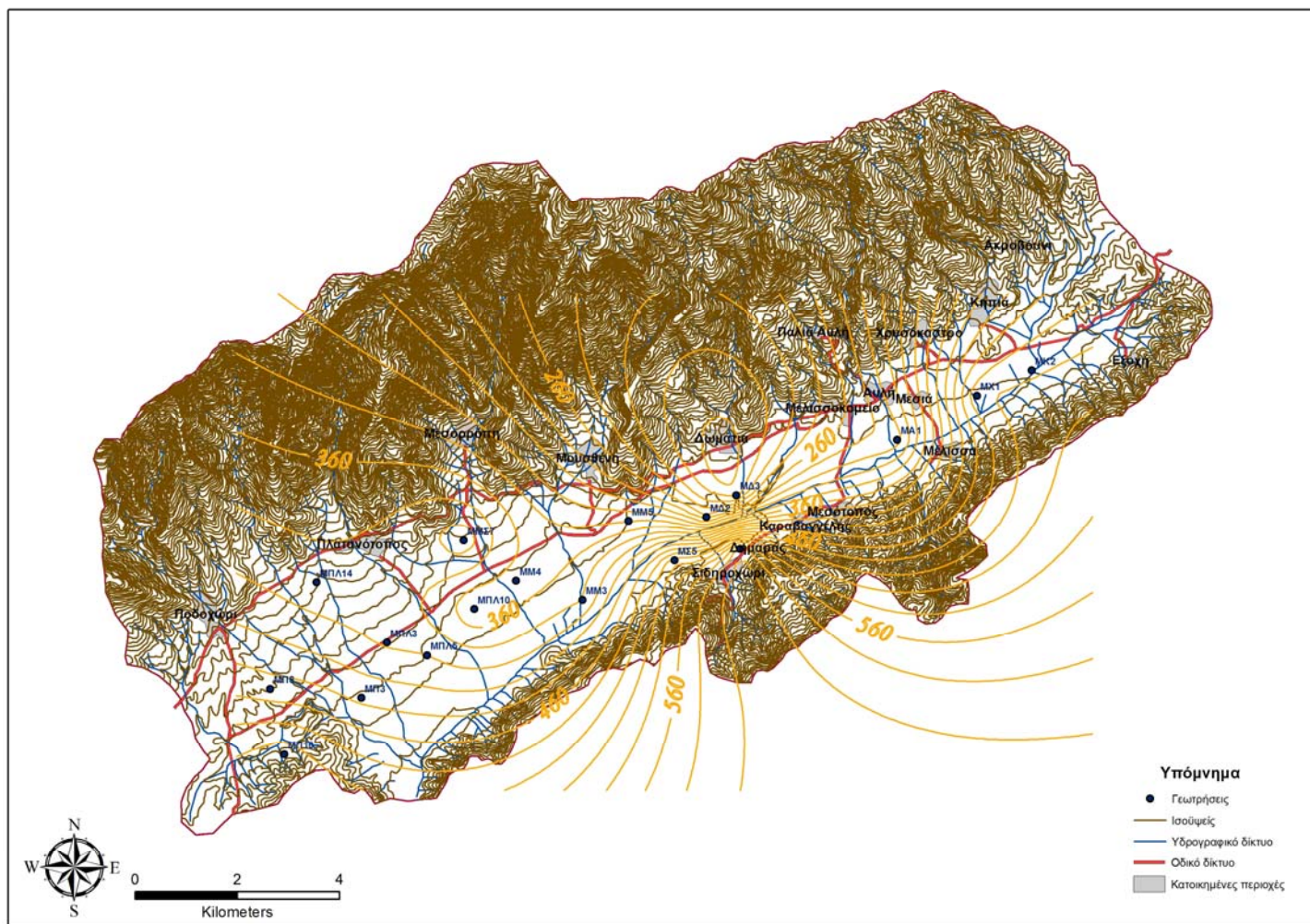
E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ιούνιος 2005	Ιούνιος 2006
ΜΜΣ7	405	414
ΜΠ3	427	435
ΜΠ8	457	449
ΜΠ10	535	512
ΜΜ3	376	380
ΜΜ4	360	353
ΜΜ5	347	338
ΜΣ3	624	598
ΜΣ5	531	513
ΜΚ2	485	496
ΜΑ1	297	289
ΜΧ1	506	497
ΜΠΛ3	395	397
ΜΠΛ5	396	401
ΜΠΛ10	353	343
ΜΠΛ14	390	387
ΜΔ2	273	264
ΜΔ3	173	188

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.1 – Σχήμα 4.2) παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην Πιέρια λεκάνη για την περίοδο του Ιουνίου 2005 και του Ιουνίου 2006 αντίστοιχα

. Στην περιοχή του Σιδηροχωρίου (βλέπε: γεωτρήσεις ΜΣ3 και ΜΣ5) και στο νοτιοδυτικό περιθώριο της Πιέριας λεκάνης, στην περιοχή του Ποδοχωρίου, (βλέπε: γεωτρήσεις ΜΠ10, ΜΠ3 και ΜΠ8) οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι αυξημένες. Αντίθετα στην περιοχή Δωμάτια οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι πολύ χαμηλές και αυτό φαίνεται από τις γεωτρήσεις ΜΔ2 και ΜΔ3. Το γεγονός αυτό των χαμηλών τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να αποδοθεί στην γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής.



Σχήμα 4.1: Χωρική κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τον Ιούνιο του 2005 στην Πιέρια Κοιλιάδα



Σχήμα 4.2: Χωρική κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τον Ιούνιο του 2006 στην Πιέρια Κοιλάδα

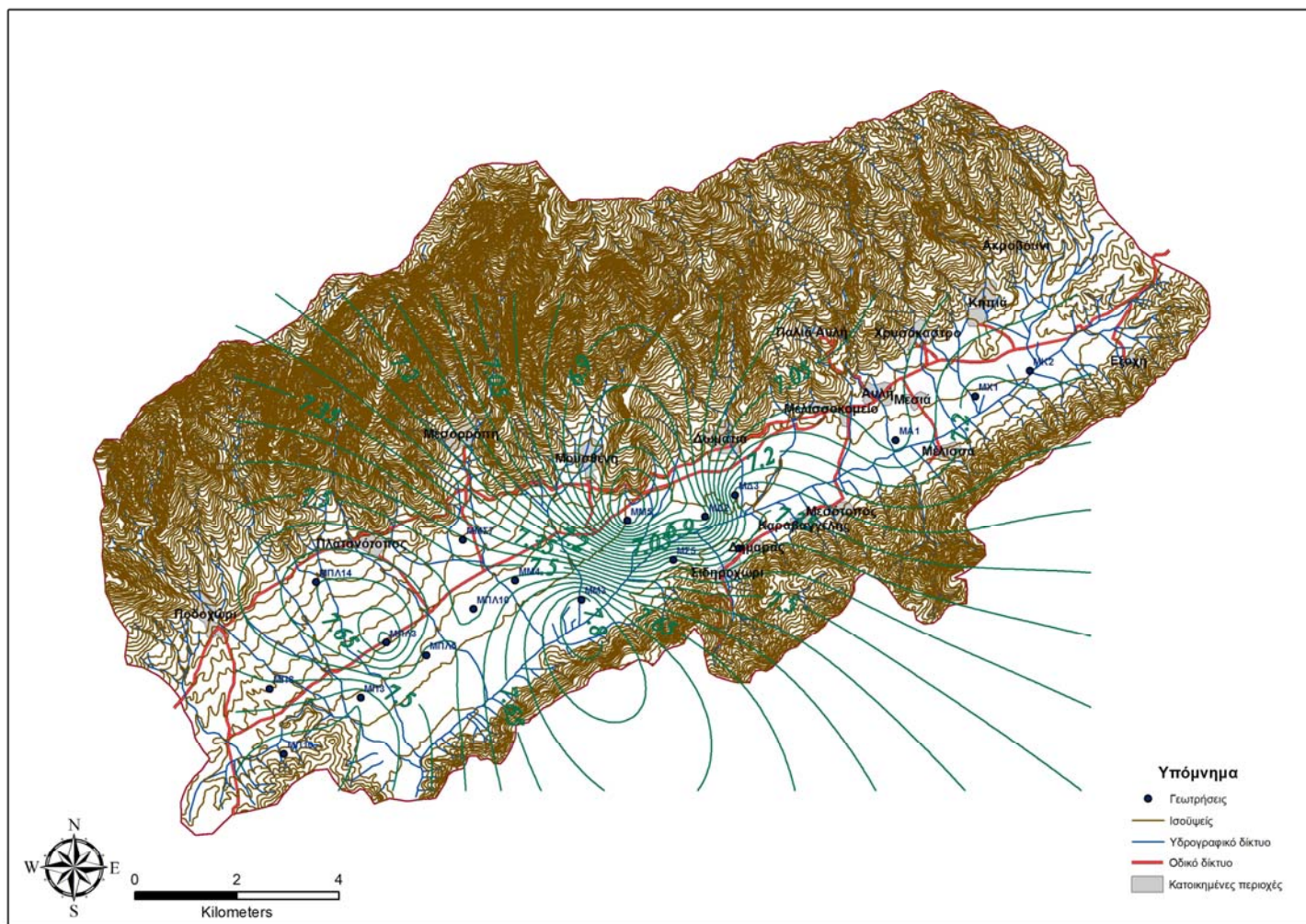
4.2.2 Ενεργός οξύτητα (pH)

Το pH είναι μία παράμετρος, η οποία παίζει ουσιαστικό ρόλο στην αξιολόγηση της υδροχημείας των υπόγειων νερών. Τα υπόγεια νερά, ως φυσικά νερά (δηλ. μη χημικώς καθαρά), ανάλογα με την πετρολογική σύσταση των σχηματισμών μέσα στους οποίους φιλοξενούνται και ρέουν, μπορεί να είναι όξινα ($\text{pH} < 7$) ή αλκαλικά ($\text{pH} > 7$) ή ουδέτερα ($\text{pH} = 7$).

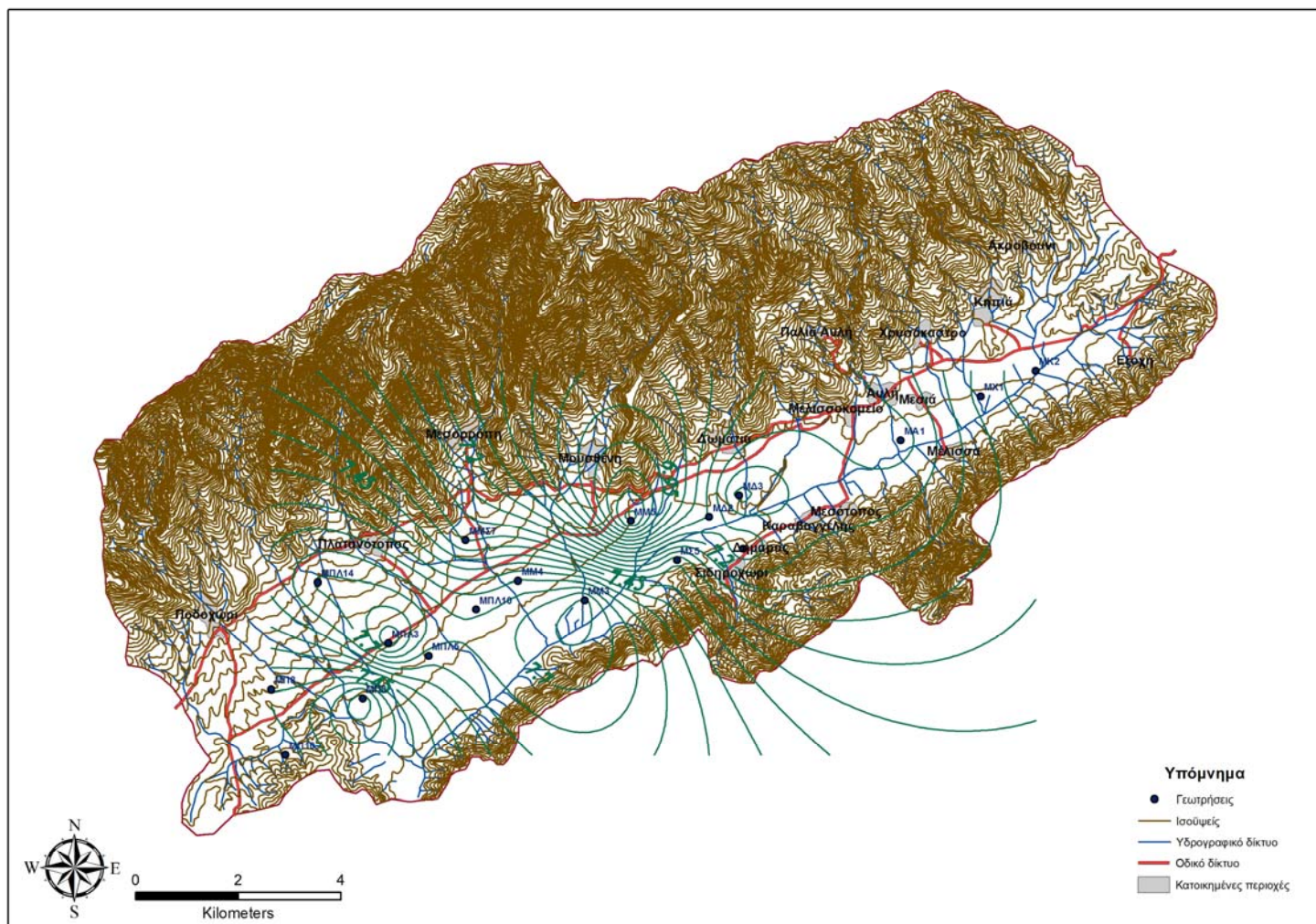
Ανάλογα με τη γεωλογική σύσταση των φιλοξενούντων υπόγειων σχηματισμών, μπορούμε να έχουμε υπόγεια νερά με κλιμακούμενο pH: από υπεραλκαλικά (έχει μετρηθεί pH έως 11) έως υπερόξινα (έχει μετρηθεί pH έως 4,5-5). Στο ίδιο σημείο του υπεδάφους, υπό φυσικές συνθήκες, στα σχετικά βαθιά στρώματα το pH μεταβάλλεται περιορισμένα ανάλογα με τις συνθήκες ροής (διεύθυνση, ταχύτητα ροής κλπ), ενώ στα πολύ ρηχά στρώματα όπου η επίδραση του ανθρώπου και οι μεταβολές των φυσικών συνθηκών (σύσταση νερού βροχής, ταχύτητα ροής κλπ) είναι έντονες, η διακύμανση της τιμής του pH είναι μεγαλύτερη.

Με βάση τις τιμές που παρουσιάζονται στους πίνακες 4.1 και 4.3 διαπιστώνεται ότι το pH στην περιοχή της Πιέριας Κοιλιάδας κυμαίνεται για την περίοδο του Ιουνίου του 2005 από 6,58 έως 7,85 ενώ για τον Ιούνιο του 2006 από 6,71 έως 7,85.

Στα παρακάτω σχήματα (Σχ. 4.3 – 4.4) παρουσιάζεται η χωρική κατανομή του pH στην Πιέρια λεκάνη για την περίοδο του Ιουνίου 2005 και του Ιουνίου 2006 αντίστοιχα. Οι τιμές του pH για τον Ιούνιο 2005 είναι μεγαλύτερες στην περιοχή της Μουσθένης (γεώτρηση MM3), στην περιοχή του Πλατανότοπου (γεωτρήσεις ΜΠΛ3 και ΜΠΛ14) ενώ μικρότερη είναι η τιμή κοντά στο χωριό Δωμάτια (γεώτρηση ΜΔ2). Για τον Ιούνιο 2006 οι μεγαλύτερες τιμές pH παρατηρούνται πάλι στην περιοχή του Πλατανότοπου και της Μουσθένης ενώ η μικρότερη τιμή παρατηρείται στο Σιδηροχώρι (γεώτρηση ΜΣ3) και στα Δωμάτια (γεώτρηση ΜΔ2).



Σχήμα 4.3: Χωρική κατανομή του pH για τον Ιούνιο του 2005 στην Πιέρια Κοιλάδα.



Σχήμα 4.4: Χωρική κατανομή του pH για τον Ιούνιο του 2006 στην Πιέρια Κοιλάδα.

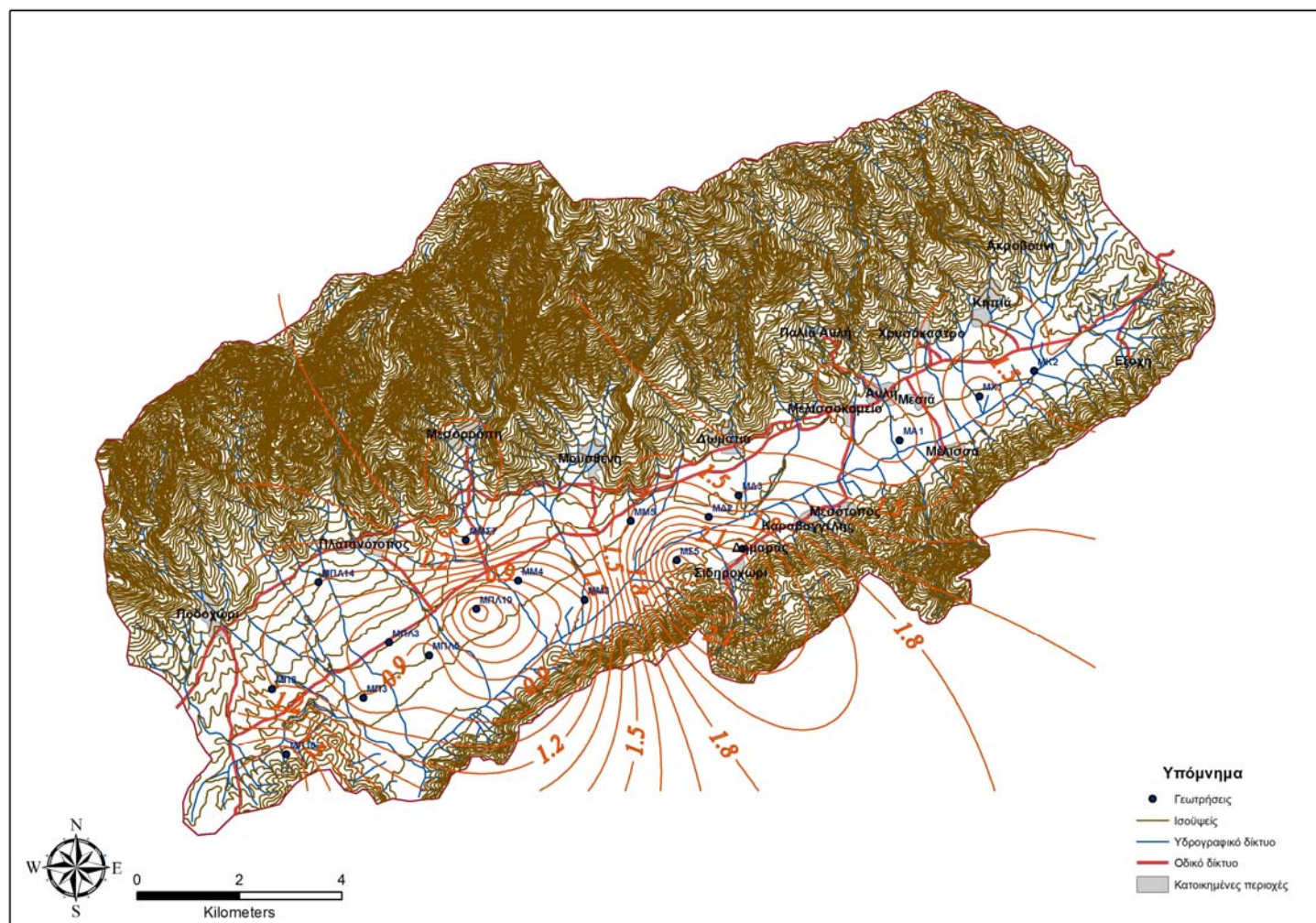
4.2.3 ΙΟΝΤΑ ΚΑΛΙΟΥ (K^+)

Τα ιόντα Καλίου (K^+) προέρχονται κυρίως από πετρώματα πλούσια σε ορθόκλαστο και μικροκλινή, ενώ αποτελούν το κύριο προϊόν αποσάθρωσης των καλιούχων αστρίων. Σύμφωνα με τον Καλλέργη (2001) οι συγκεντρώσεις στα υπόγεια νερά δεν ξεπερνούν τα 10 mg/l, στις θερμές πηγές τα 100 mg/l και στις σαλαμούρες φτάνουν έως και τα 25.000 mg/l. Επίσης οι Richter and Kreitrel (1993) αναφέρουν ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων καλίου απαντώνται συχνά σε νερά μεταλλείων, σε νερά θερμών πηγών και σε αλμύρες που προκύπτουν από τη διάλυση του συλβίτη.

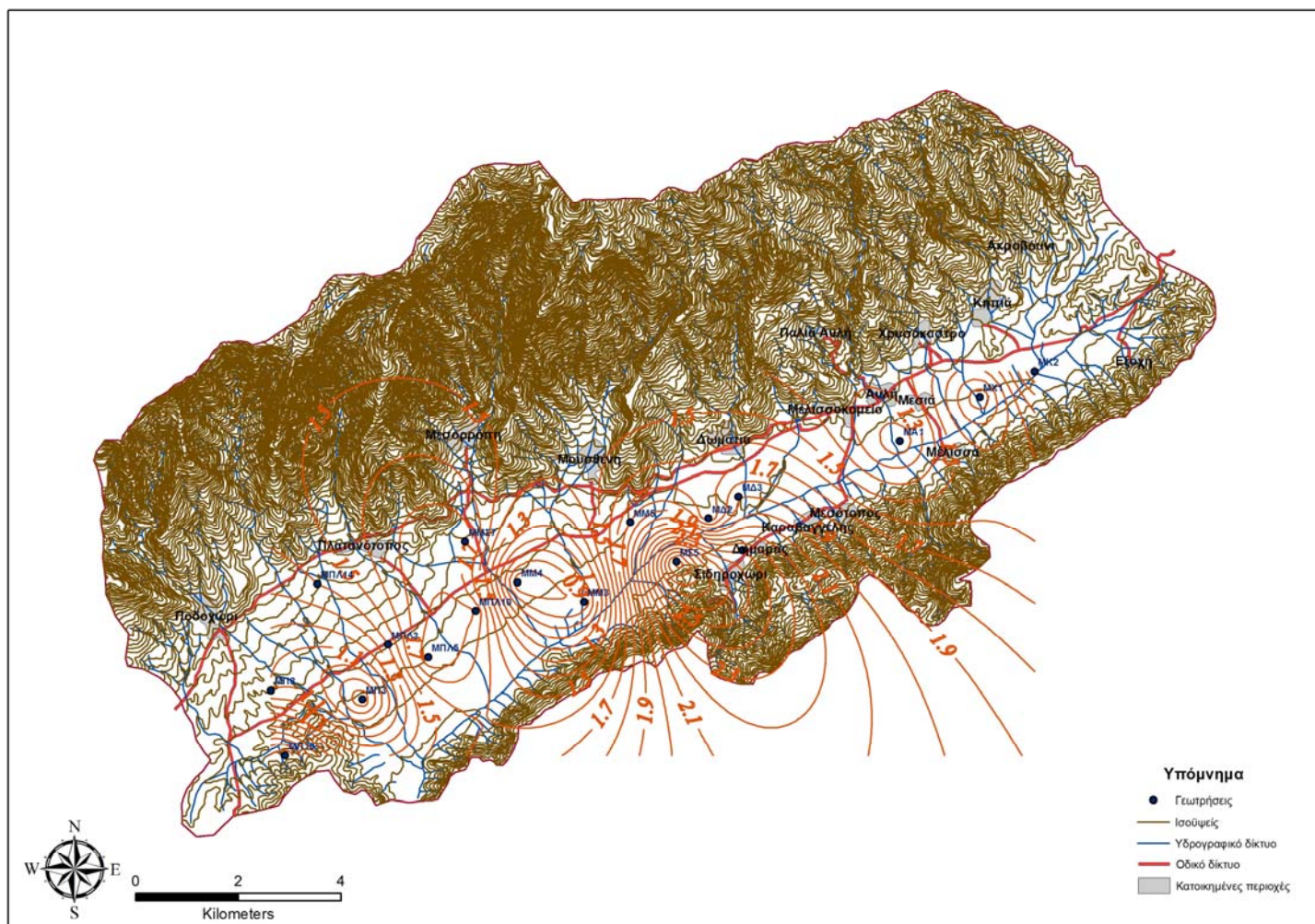
Από τους Πίνακες 4.1 και 4.3 διαπιστώνεται πως οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων καλίου στην Πιέρια κοιλάδα κυμαίνονται μεταξύ 0.8 και 2.6 mg/l για τον Ιούνιο του 2005 και 0,7 με 3,1 mg/l για τον Ιούνιο του 2006 πράγμα που υποδηλώνει ότι πρόκειται για καρστικά νερά αφού οι τιμές τους δεν ξεπερνούν τα 10 mg/l.

Στα παρακάτω σχήματα (Σχ. 4.5-4.6) παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των ιόντων καλίου για τον Ιούνιο του 2005 και του Ιουνίου 2006 αντίστοιχα. Οι μεγαλύτερες τιμές συγκέντρωσης καλίου για τον Ιούνιο του 2005 και για τον Ιούνιο του 2006 εντοπίζονται στην τοποθεσία Σιδηροχωρίου της Πιέριας Κοιλάδας (γεωτρήσεις ΜΣ3 και ΜΣ5), στην τοποθεσία Ποδοχωρίου, ΝΔ της λεκάνης (γεώτρηση ΜΠ10) και στην τοποθεσία Δωμάτια (γεώτρηση ΜΔ2).

Συγκριτικά από τον Ιούνιο του 2005 στον Ιούνιο του 2006 έχουμε κάποια σχετική αύξηση των τιμών της συγκέντρωσης του καλίου.



Σχήμα 4.5: Χωρική κατανομή των ιόντων Καλίου για τον Ιούνιο του 2005 στην Πιέρια Κοιλάδα



4.2.4 ΙΟΝΤΑ ΝΑΤΡΙΟΥ (Na^+)

Τα ιόντα Νατρίου (Na^+) προέρχονται από την αποσύνθεση των αστρίων ή από άλατα του νατρίου κατά τους Richter and Kreitrel (1993), ενώ σύμφωνα με τον Καλλέργη (2001), ως κύρια προέλευση έχουν τον αλβίτη, τα αργιλικά ορυκτά, εβαπορίτες όπως ο αλίτης και διάφορα βιομηχανικά απόβλητα.

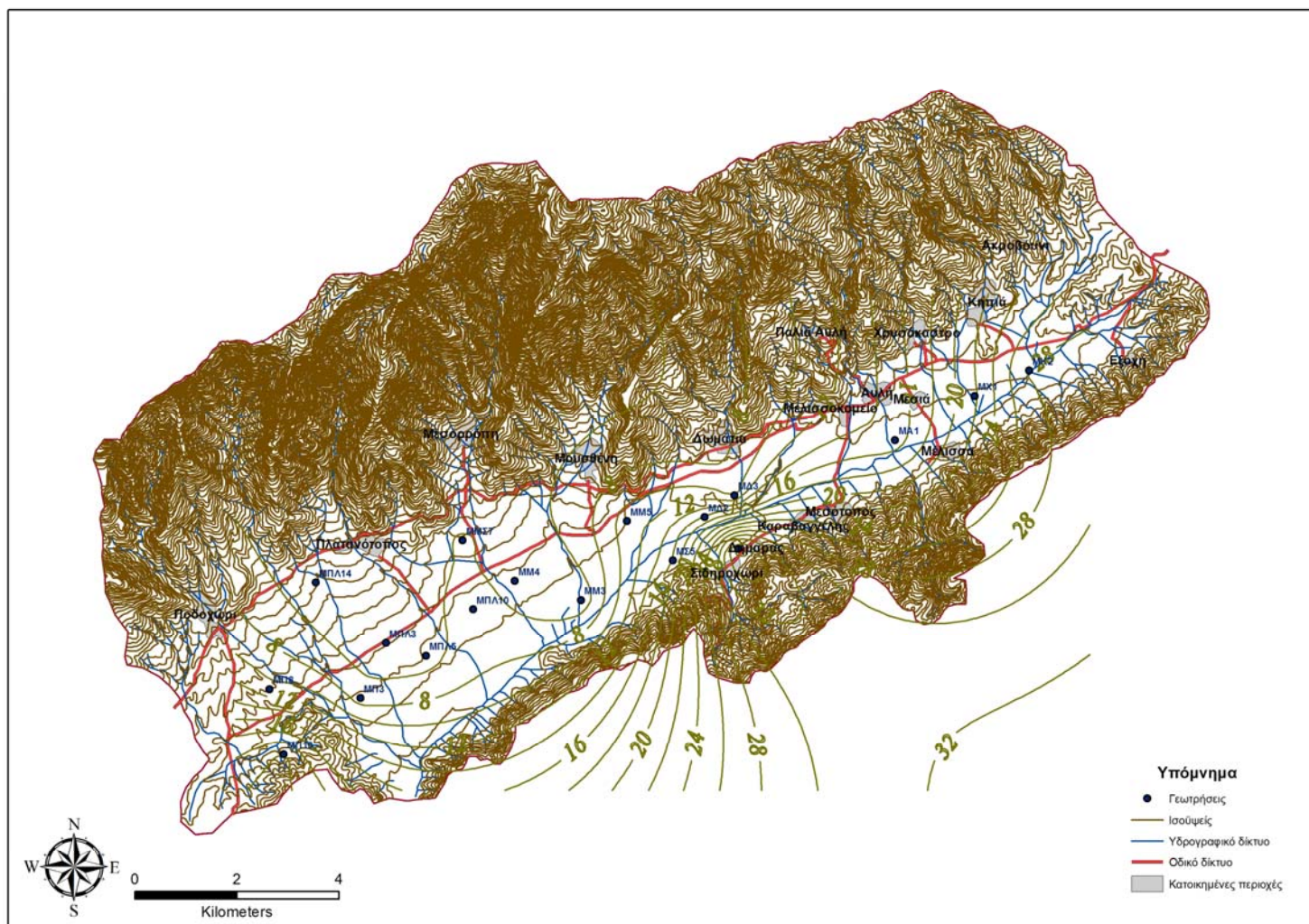
Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης νατρίου στα υπόγεια νερά είναι τα 20 mg/l. Στο θαλασσινό νερό ανέρχεται σε 10.000 mg/l. Μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου στο πόσιμο νερό επιφέρουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν (αρτηριακή πίεση). Οι συγκεντρώσεις των ιόντων νατρίου γενικά είναι μικρότερες των 200 mg/l.

Οι υψηλές τιμές των συγκεντρώσεων του νατρίου οφείλονται στο μεγάλο χρόνο παραμονής του υπόγειου νερού στο έδαφος και στη συνδυασμένη δράση της ιοντικής ανταλλαγής και της διάλυσης του ασβεστίτη, δολομίτη και των αργιλικών ορυκτών.

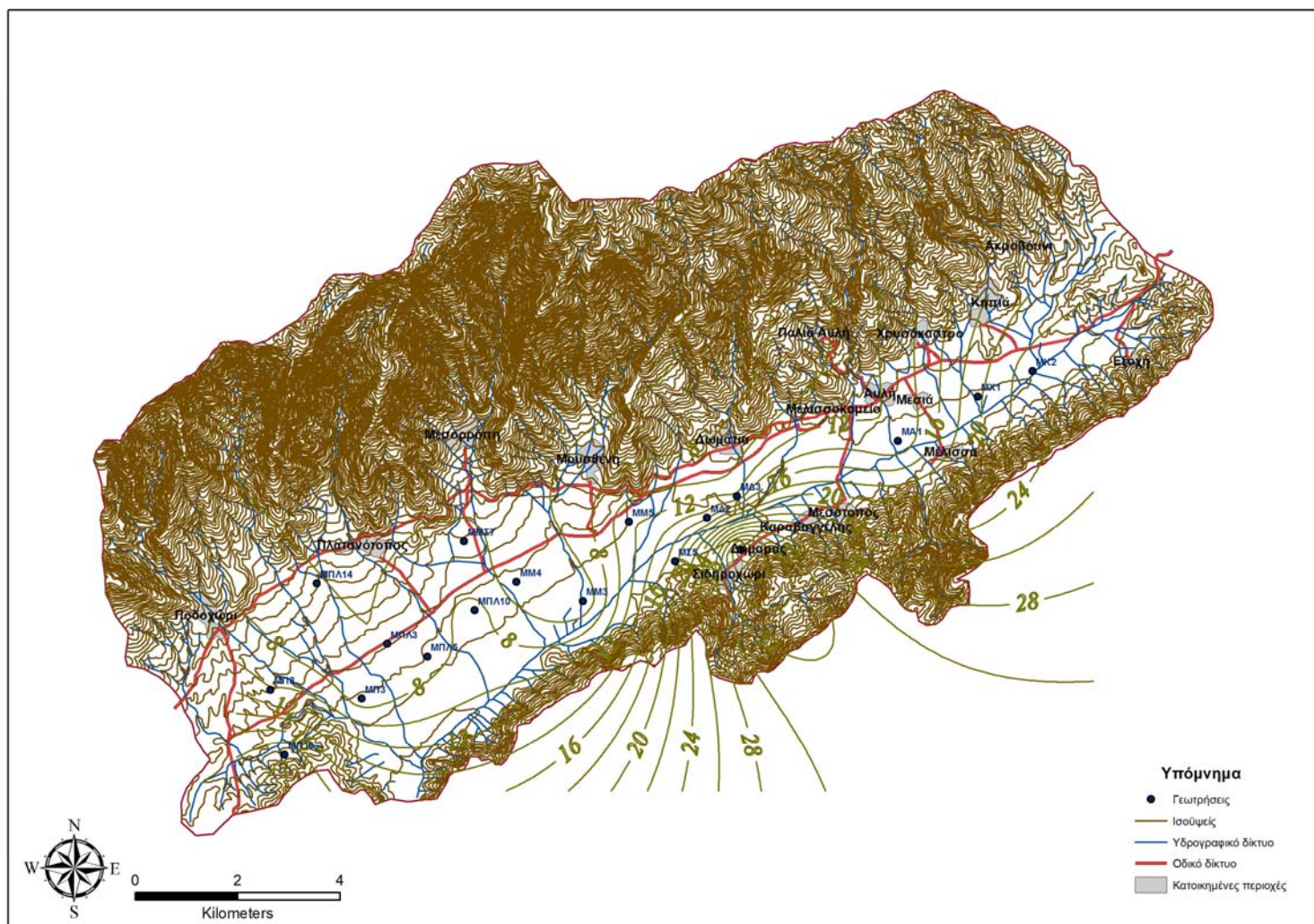
Πολλοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει τις συγκεντρώσεις των ιόντων νατρίου, όπως και του καλίου, για τον προσδιορισμό του είδους των αλμυρών υπόγειων νερών (Custodio, 1987, Leonard and Ward, 1962, Dazy et al., 1995, Kim et al., 2003), όπως επίσης και για τον προσδιορισμό των υδροχημικών χαρακτηριστικών και των συνθηκών τροφοδοσίας για τα διάφορα υδροφόρα στρώματα.

Από τους Πίνακες 4.1 και 4.3 διαπιστώνεται πως οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων νατρίου στην Πιέρια κοιλάδα κυμαίνονται μεταξύ 4.6 και 37.2 mg/l για τον Ιούνιο του 2005 και 4.2 με 39.6 mg/l για τον Ιούνιο του 2006.

Από τα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.7, Σχήμα 4.8) παρουσιάζεται ενδεικτικά η χωρική κατανομή της συγκέντρωσης του νατρίου για τον Ιούνιο του 2005 και του Ιουνίου του 2006. Από αυτά προκύπτει ότι οι υψηλότερες τιμές των συγκεντρώσεων του νατρίου για τον Ιούνιο του 2005 και του 2006 εντοπίζονται στην περιοχή Ποδοχώρι (γεώτρηση ΜΠ10), στην περιοχή Σιδηροχώρι (γεώτρηση ΜΣ3), στην περιοχή Μαρμαρά κάμπος (γεώτρηση ΜΚ2) και στην περιοχή Χρυσόκαστρο (γεώτρηση ΜΧ1) ενώ οι χαμηλότερες στην περιοχή Μουσθένη (γεωτρήσεις ΜΜ3 και ΜΜ4) και στην περιοχή Πλατανότοπος (γεωτρήσεις ΜΠΛ3 και ΜΠΛ5 και ΜΠΛ10 και ΜΠΛ14).



Σχήμα 4.7: Χωρική κατανομή των ιόντων Νατρίου για τον Ιούνιο του 2005 στην Πιέρια λεκάνη.



Σχήμα 4.8: Χωρική κατανομή των ιόντων νατρίου για τον Ιούνιο του 2006 στην Πιέρια λεκάνη

4.2.5 ΙΟΝΤΑ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ (Ca^{++})

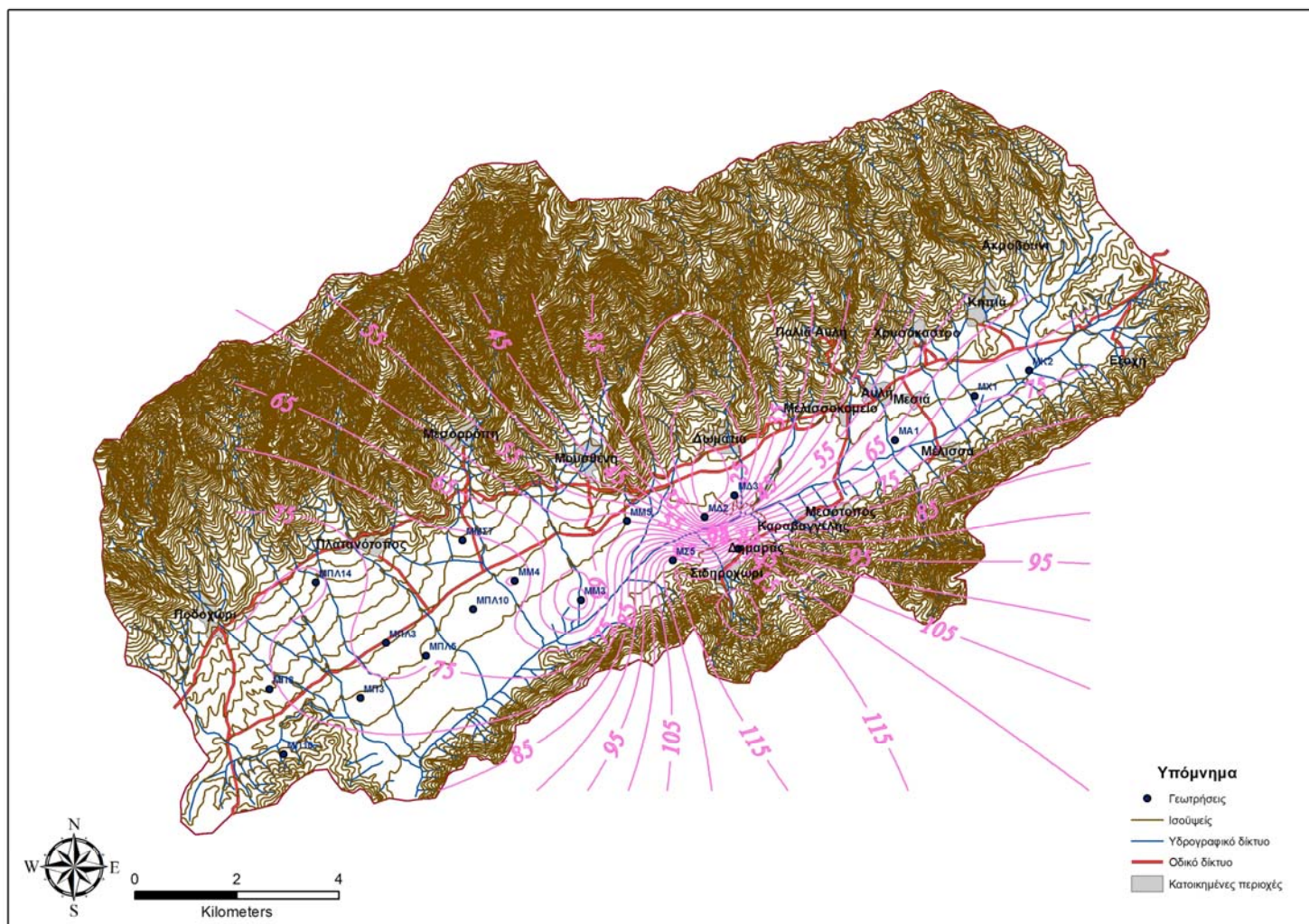
Τα ιόντα ασβεστίου (Ca^{++}) αποτελούν τα επικρατέστερα ιόντα των υπόγειων νερών, ενώ το ασβέστιο αποτελεί το βασικό χημικό συστατικό των ορυκτών των περισσότερων γεωλογικών υδροφόρων σχηματισμών. Κύρια προέλευση των ιόντων ασβεστίου είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα, ενώ η περιεκτικότητα του στα υπόγεια νερά μπορεί να φτάσει τα 1200 meq/l (Schoeller, 1975).

Σύμφωνα με τον Καλλέργη (2001) ιόντα ασβεστίου εντοπίζονται σε υδροφόρους με σύσταση από ασβεστόλιθο, γύψο ή γυψόχους αργιλικούς σχιστόλιθους. Επίσης ορυκτά όπως αμφίβολοι, άστριοι, πυρόξενοι, αραγωνίτες, ασβεστίτες και διάφορα αργιλικά ορυκτά αποτελούν την κύρια προέλευση του ασβεστίου, με τυπικές τιμές στα υπόγεια νερά μικρότερες των 100 mg/l.

Η συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου εξαρτάται κυρίως από την τιμή του PH, τη μερική πίεση του CO_2 (Πανίλας, 1998, Back, 1986, Morse and Mackenzie, 1990, Stanford and Konikow, 1989, Hanor, 1978) και την παρουσία των ανθρακικών ορυκτών. Επίσης οι συγκεντρώσεις τους επηρεάζονται από διεργασίες όπως η καθίζηση, η διάλυση και η ιοντική ανταλλαγή, ενώ σε μικρότερο βαθμό επηρεάζονται από την μίξη του γλυκού νερού με το αλμυρό νερό.

Από τους Πίνακες 4.1 και 4.3 διαπιστώνεται πως οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων ασβεστίου στην Πιέρια κοιλάδα κυμαίνονται μεταξύ 19.6 και 102.8 mg/l για τον Ιούνιο του 2005 και 17.8 με 115.7 mg/l για τον Ιούνιο του 2006.

Στα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.9, Σχήμα 4.10) παρουσιάζεται ενδεικτικά η χωρική κατανομή της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου για τον Ιούνιο του 2005 και του 2006 αντίστοιχα. Οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται στην περιοχή Σιδηροχωρίου (γεωτρήσεις ΜΣ3 και ΜΣ5), στην περιοχή Ποδοχωρίου (γεωτρήσεις ΜΠ8 και ΜΠ10) και στην περιοχή Εκκλησιάκι της κοινότητας του Πλατανότοπου (γεώτρηση ΜΠΛ14). Αντίθετα πολύ χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στην περιοχή Δωμάτια (γεωτρήσεις ΜΔ2 και ΜΔ3).



Σχήμα 4.10: Χωρική κατανομή των ιόντων ασβεστίου για τον Ιούνιο του 2006 στην Πιέρια λεκάνη.

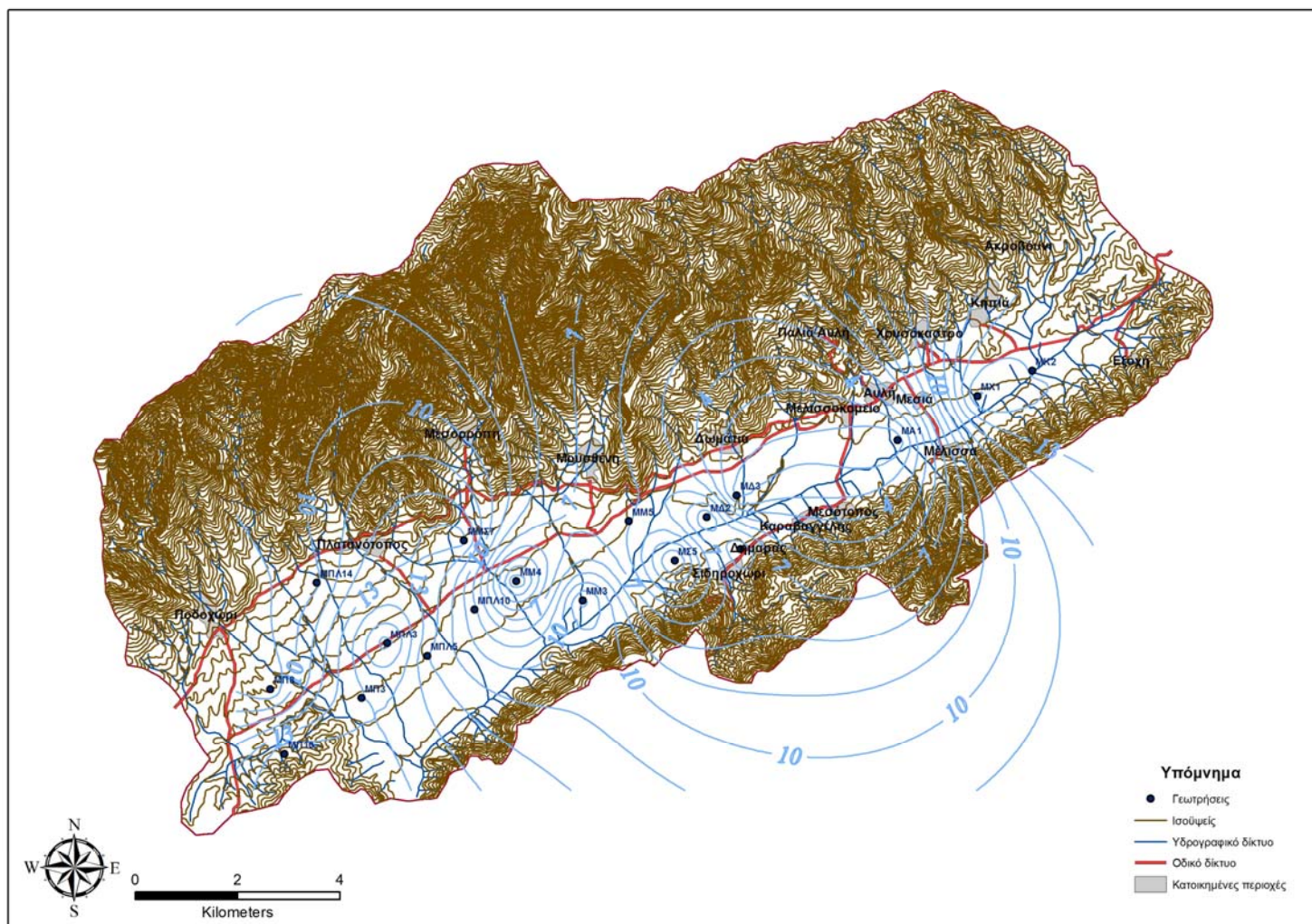
4.2.6 ΙΟΝΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ (Mg^{2+})

Τα ιόντα μαγνησίου (Mg^{2+}) προέρχονται κυρίως από ανθρακικά πετρώματα, δολομίτες, ασβεστόλιθους πλούσια σε δολομίτη [$CaMg(CO_3)_2$] και μαγνησίτη [$MgCO_3$] και διάφορα σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά. Η περιεκτικότητα του στα υπόγεια νερά δεν ξεπερνά τα 530 meq/l (Schoeller, 1975).

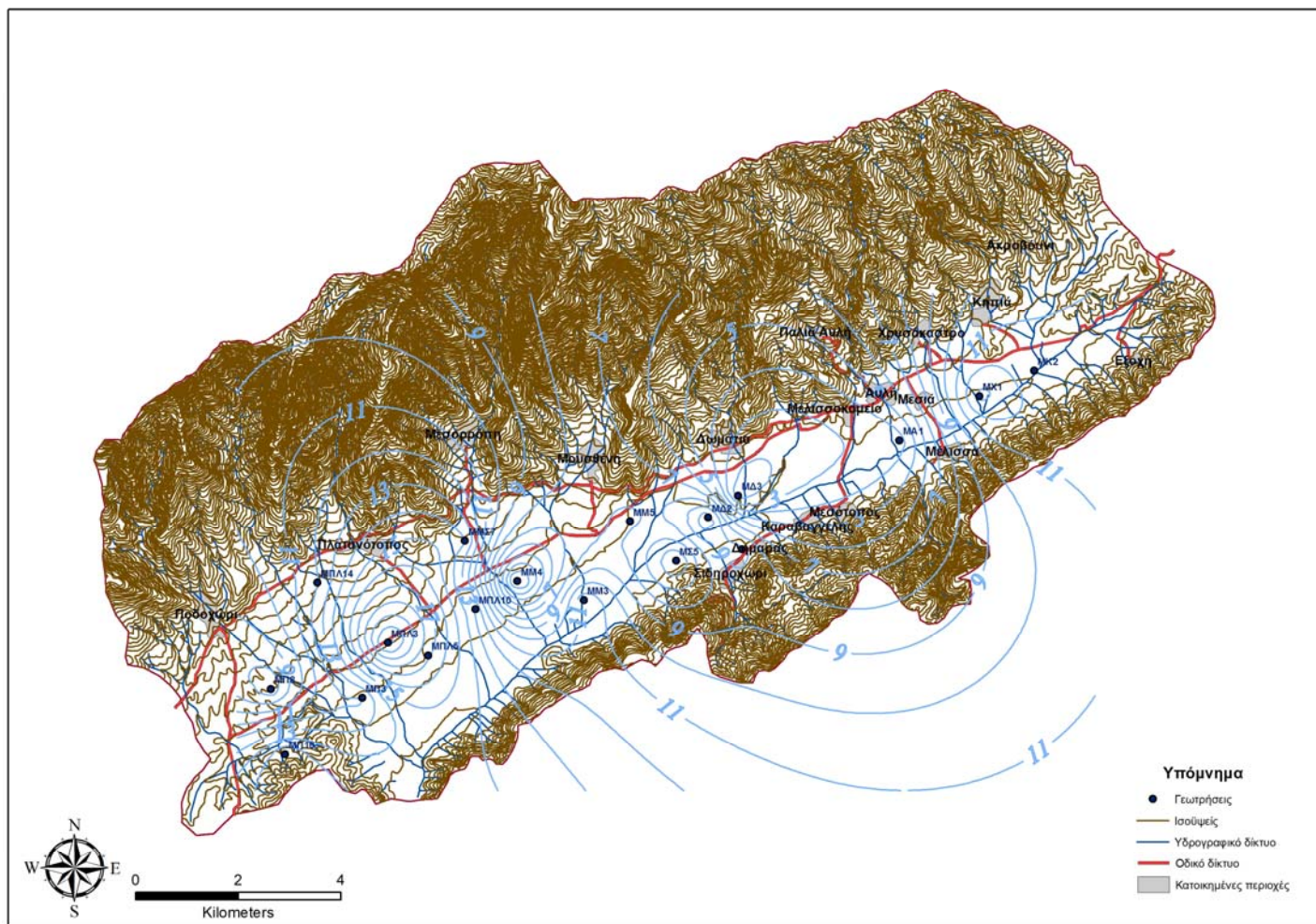
Οι συγκεντρώσεις των ιόντων μαγνησίου είναι μικρότερες από αυτές των ιόντων ασβεστίου στα υπόγεια νερά, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στο θαλασσινό νερό όπου η συγκέντρωση του μαγνησίου είναι τριπλάσια σε σχέση με τη συγκέντρωση του ασβεστίου (Goldberg and Melloul, 1994).

Από τους Πίνακες 4.1 και 4.3 διαπιστώνεται πως οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων μαγνησίου στην Πιέρια κοιλάδα κυμαίνονται μεταξύ 1.22 και 16.6 mg/l για τον Ιούνιο του 2005 και 1.1 με 21.6 mg/l για τον Ιούνιο του 2006.

Από τα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.11 ,Σχήμα 4.12) οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται στην περιοχή του Πλατανότοπου (γεωτρήσεις ΜΠΛ3 και ΜΠΛ5) και στην περιοχή του Ποδοχωρίου (γεώτρηση ΜΠ10) ενώ χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται στην περιοχή της Μουσθένης (γεώτρηση ΜΜ4), στην περιοχή Αυλή (γεώτρηση ΜΑ1) και στην περιοχή Δωμάτια (γεώτρηση ΜΔ3).



Σχήμα 4.11: Χωρική κατανομή των ιόντων του μαγνησίου την περίοδο του Ιουνίου του 2005 στην Πιέρια λεκάνη



Σχήμα 4.12: Χωρική κατανομή των ιόντων του μαγνησίου για την περίοδο του Ιουνίου 2006 στην Πιέρια λεκάνη

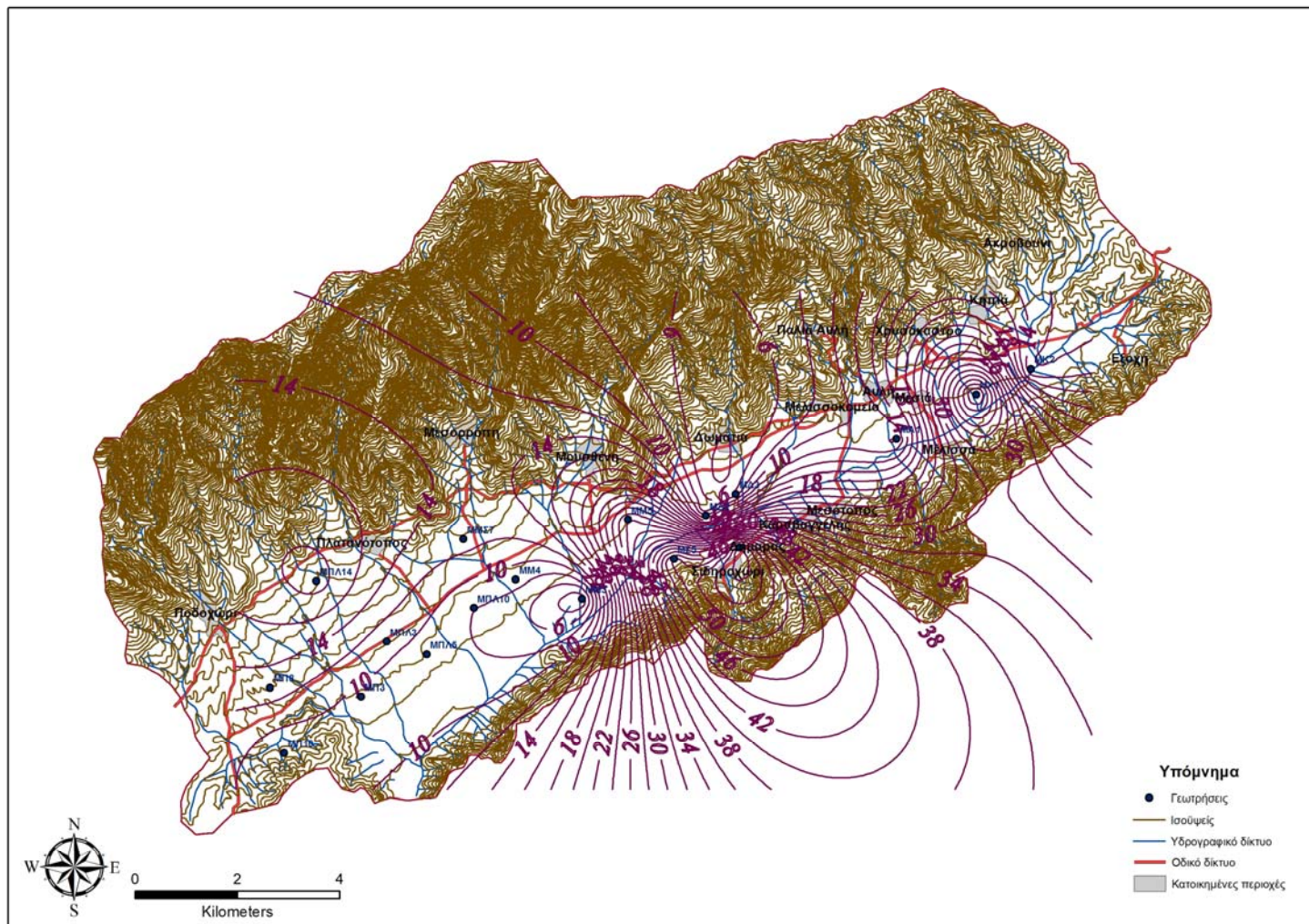
4.2.7 ΘΕΙΚΑ ΙΟΝΤΑ (SO_4^{2-})

Τα θειικά ιόντα στο υπόγειο νερό προέρχονται κυρίως από τη διάλυση της γύψου [$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$] και του ανυδρίτη [CaSO_4], σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις (4.1, 4.2)

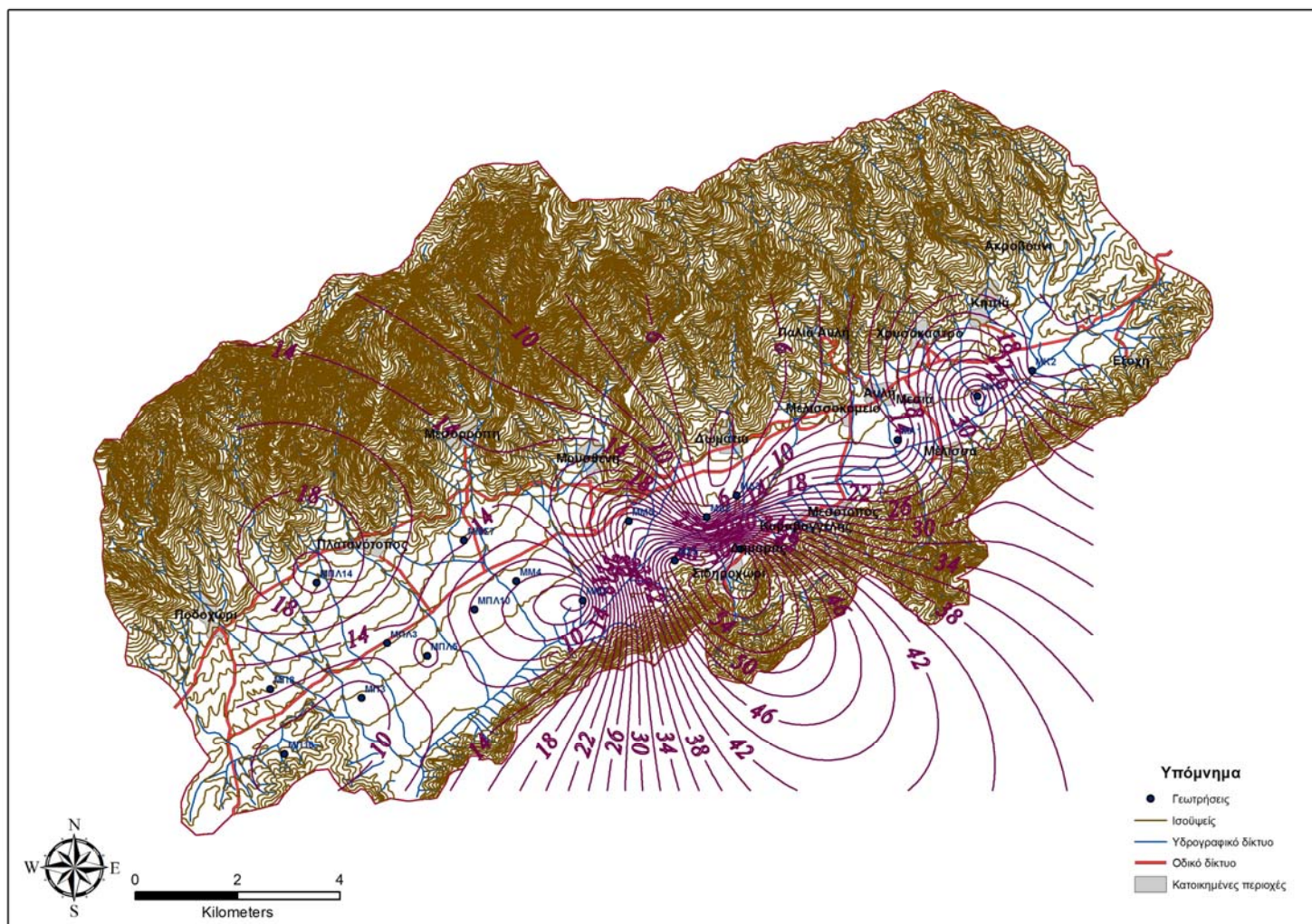


Επίσης, ο εμπλουτισμός του νερού σε SO_4^{2-} πραγματοποιείται κατά την κίνηση του δια μέσω σχηματισμών με μεγάλο ποσοστό αργιλικών ορυκτών, καθώς και από την έκλυση των καλλιεργούμενων εδαφών στα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί θειούχα λιπάσματα (Aschenbrenner et al., 1992). Επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις των θεικών ιόντων παρουσιάζουν σημαντική μείωση, λόγω αναγωγής, εξαιτίας μικροβιολογικών αντιδράσεων.

Στα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.13, Σχήμα 4.14) αυξημένες τιμές των συγκεντρώσεων και για τις δύο περιόδους παρατηρούνται στην τοποθεσία του Σιδηροχωρίου (γεωτρήσεις ΜΣ3 και ΜΣ5), στην περιοχή της Μουσθένης (γεώτρηση ΜΜ5) και στην περιοχή του Χρυσόκαστρου (γεώτρηση ΜΧ1). Αντίθετα χαμηλές τιμές παρατηρούνται στην περιοχή της Μουσθένης (γεώτρηση ΜΜ3) και στην περιοχή Δωμάτια (γεωτρήσεις ΜΔ2 και ΜΔ3). Συγκρίνοντας την περίοδο του Ιουνίου 2005 και του Ιουνίου 2006 παρατηρείται μια σχετική αύξηση των τιμών από τον Ιούνιο του 2005 στον Ιούνιο του 2006.



Σχήμα 4.13: Χωρική κατανομή των θεικών ιόντων για τον Ιούνιο του 2005 στην περιοχή της Πιέριας λεκάνης.



Σχήμα 4.14: Χωρική κατανομή των θεικών ιόντων για τον Ιούνιο του 2006 στην περιοχή της Πιέριας λεκάνης

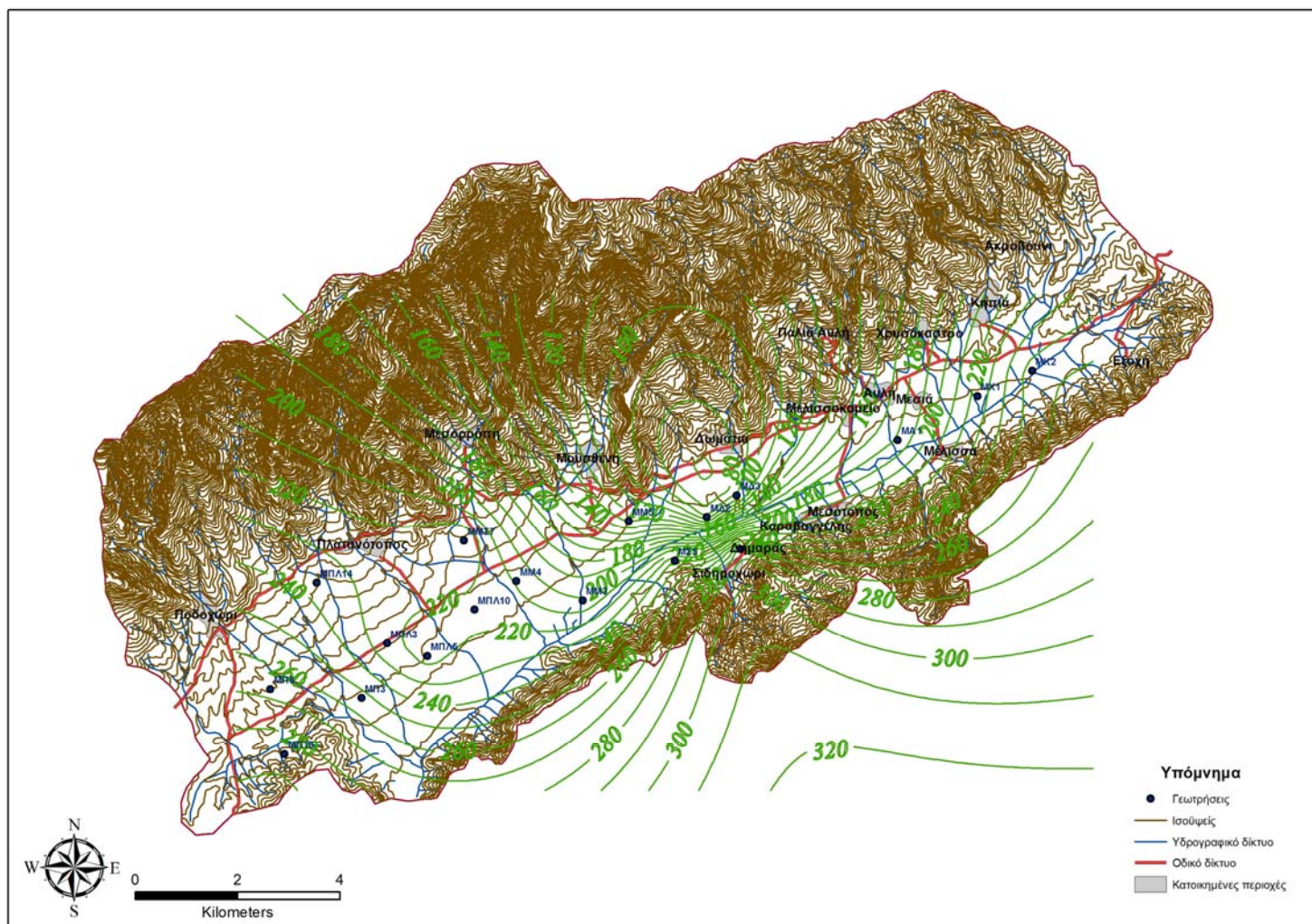
4.2.8 ΟΞΙΝΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ΙΟΝΤΑ (HCO_3^-)

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα στο υπόγειο νερό προέρχονται από τα ανθρακικά πετρώματα, τους ασβεστόλιθους και τους δολομίτες. Η οξυανθρακική ρίζα είναι συνήθως το επικρατέστερο ανιόν στα υπόγεια νερά. Προέρχεται από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων στο νερό [CaCO_3 , MgCO_3], καθώς και από το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας ή αυτό που ελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση των οργανικών υλικών στο υπέδαφος, σύμφωνα με την αντίδραση (4.3) :

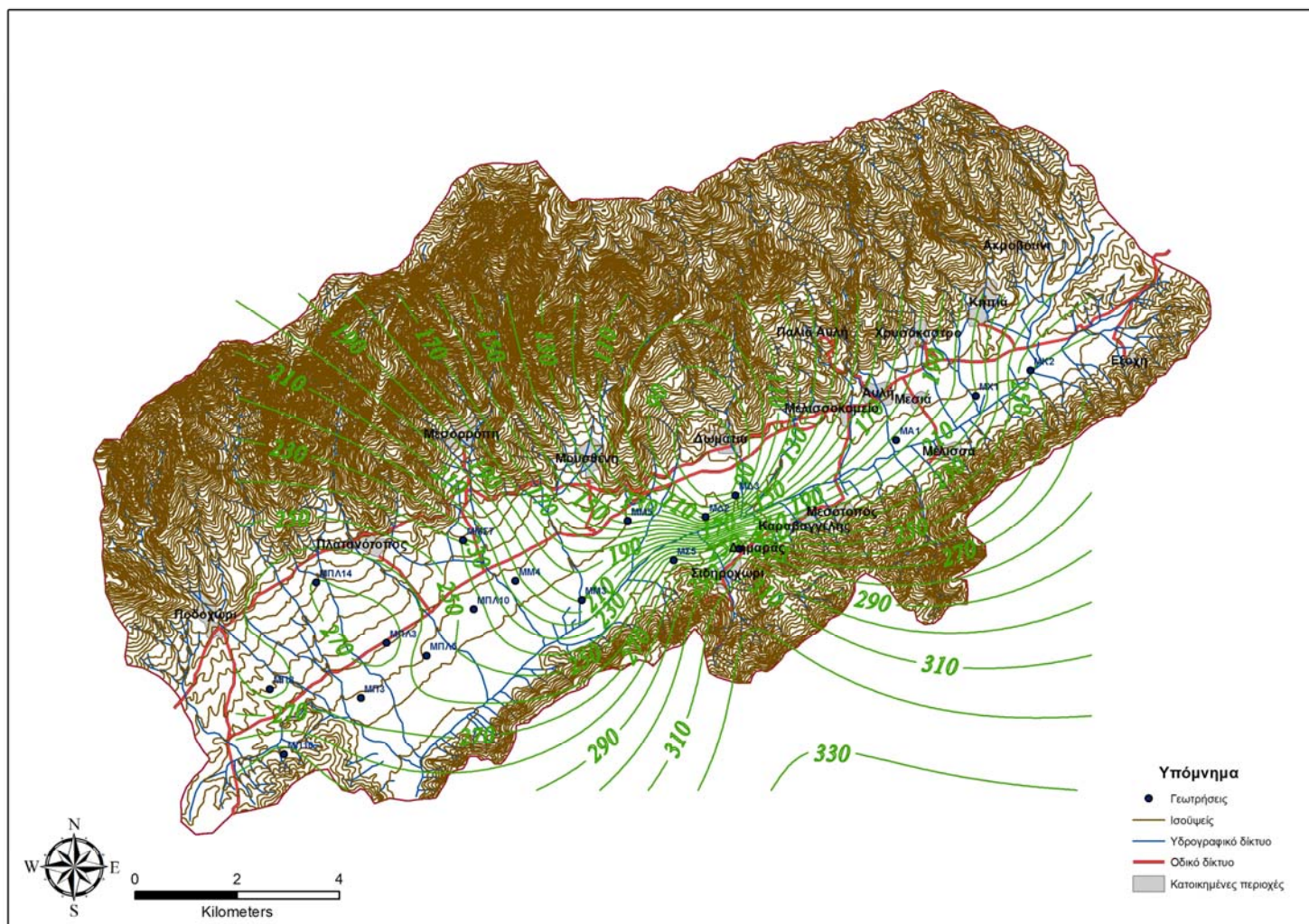


Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις των όξινων ανθρακικών ιόντων εντοπίζονται σε νερά που έχουν κινηθεί σε ανθρακικούς σχηματισμούς, ενώ οι χαμηλότερες σε αυτά που κινούνται δια μέσω κρυσταλλικών και πυριτικών πετρωμάτων.

Από τα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.15, Σχήμα 4.16) οι μεγαλύτερες τιμές συγκέντρωσης για τον Ιούνιο 2005 εντοπίζονται στο Ποδοχώρι (γεωτρήσεις ΜΠ3 και ΜΠ10), στο Σιδηροχώρι (γεώτρηση ΜΣ3) και στην περιοχή Μαρμαρά κάμπος (γεώτρηση ΜΚ2). Για τον Ιούνιο 2006 αυξημένες είναι οι τιμές συγκέντρωσης στην περιοχή Ποδοχωρίου (γεώτρηση ΜΠ10), στην περιοχή του Σιδηροχωρίου (γεώτρηση ΜΣ3) και στην περιοχή του Πλατανότοπου (γεωτρήσεις ΜΠΛ3 και ΜΠΛ14). Αντίθετα οι χαμηλότερες τιμές συγκέντρωσης για τις δύο περιόδους (Ιούνιος 2005 & Ιούνιος 2006) παρατηρούνται στα Δωμάτια (γεωτρήσεις ΜΔ2 και ΜΔ3).



Σχήμα 4.15: Χωρική κατανομή των όξινων ανθρακικών ιόντων για τον Ιούνιο του 2005 στην περιοχή της Πιέριας λεκάνης



Η πιο διαδεδομένη μορφή ρύπανσης τόσο του υπόγειου όσο και του επιφανειακού νερού είναι η νιτρορρύπανση (Cander, 1997). Οι γεωργικές διεργασίες με αζωτούχα λιπάσματα, η απρογραμμάτιστη άρδευση των καλλιεργειών καθώς και τα περιττώματα των διάφορων οικόσιτων ζώων αποτελούν τις κύριες εστίες νιτρορρύπανσης του υπόγειου νερού (Perez et al., 2003, Porta et al., 1996).

Ο πιο διαδεδομένος ρυπαντής που αναγνωρίζεται στο υπόγειο νερό, είναι το διαλυμένο άζωτο, με τη μορφή της νιτρικής ρίζας (NO_3^-). Η μεγάλη συγκέντρωση και διάδοση του οφείλεται στις αγροτικές δραστηριότητες και στην απόρριψη, επιφανειακή ή υπόγεια, των λυμάτων. Σε μικρότερες αναλογίες, το διαλυμένο άζωτο απαντά επίσης στο αμμώνιο (NH_4^+), την αμμωνία (NH_3), τη νιτρώδη ρίζα (NO_2^-), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) και το άζωτο (N_2) οργανικής ή ανόργανης προέλευσης. Το άζωτο στο υπόγειο νερό προέρχεται, γενικά, από πηγές αζώτου που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους, στην εδαφική ζώνη ή σε ρηχές υπεδαφικές ζώνες, όπου θάβονται απόβλητα πλούσια σε άζωτο.

Οι πηγές του αζώτου διακρίνονται σε άμεσες, όπως π.χ. τα απόβλητα ή τα λιπάσματα και σε έμμεσες, κατά τις οποίες παράγεται NO_3^- από άζωτο οργανικής προέλευσης ή από NH_4^+ . Οι διαδικασίες δημιουργίας NO_3^- είναι πολύπλοκες και περιλαμβάνουν την αμμωνιοποίηση (μετατροπή N οργανικής προέλευσης σε NH_4^+) και τη νίτρωση (οξείδωση NH_4^+ σε NO_3^-). Η αμμωνιοποίηση και η νίτρωση λαμβάνουν χώρα πάνω από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, στην εδαφική ζώνη, όπου αφθονούν τα οργανικά υλικά και το οξυγόνο.

Το υπόγειο νερό των ρηχών υδροφόρων σε πολύ υδροπερατά υλικά ή σε ρωγματομένα πετρώματα είναι γενικά πλούσιο σε NO_3^- γιατί το νερό των υδροφόρων αυτών περιέχει υψηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου και η NO_3^- ρίζα είναι η σταθερή μορφή του αζώτου σε οξειδωτικό περιβάλλον. Χαρακτηριστική περίπτωση αυτού είναι τα καρστικά πετρώματα, στα οποία αναπτύσσονται ρηχοί υδροφόροι δηλ. με μικρό πάχος ακόρεστης ζώνης. Αυτές οι περιοχές παρουσιάζονται ιδιαίτερα ευαίσθητες σε φαινόμενα νιτρορρύπανσης (Laftouhi, Marnik et al. 2003, Freeze and Cherry, 1979, Stenich et al., 1996). Η ελάττωση του δυναμικού οξειδοαναγωγής προκαλεί απονίτρωση (Payne, 1981) (αναγωγή του NO_3^- αρχικά σε N_2O και

ακολουθώντας σε N_2). Όταν το νερό ξεπεράσει από την ακόρεστη ζώνη ένα μέρος του N_2O ή του N_2 χάνεται με εξαέρωση.

Η απονίτρωση είναι επιθυμητή, και αυτό γιατί τα N_2O και N_2 δεν υποβαθμίζουν την ποιότητα του πόσιμου νερού, σε αντίθεση με το NO_3^- , όπου συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 50 mg/l κάνουν το νερό ακατάλληλο για πόση. Η απονίτρωση μπορεί να γίνει και από βακτήρια του εδάφους. Επίσης συγκέντρωση NO_3^- πάνω από 450 mg/l, κάνει το νερό ακατάλληλο ακόμα και για το πότισμα των ζώων.

Στην περιοχή Πιέρια Κοιλιάδα για την περίοδο του Ιουνίου του έτους 2005 οι συγκεντρώσεις των νιτρικών κυμαίνονται από 3,9 έως 55,8 mg/l ενώ για την περίοδο του Ιουνίου του έτους 2006 οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 5,2 έως 51,2 mg/l. Από τα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.17, Σχήμα 4.18) οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις και για τις δύο περιόδους (Ιούνιο 2005 & Ιούνιο 2006) παρατηρούνται στο Σιδηροχώρι (γεώτρηση ΜΣ3), στη Μουσθένη (γεώτρηση ΜΜ5) και στο Χρυσόκαστρο (γεώτρηση ΜΧ1). Αντίθετα οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στον Πλατανότοπο (γεώτρηση ΜΠΛ14), στα Δωμάτια (γεώτρηση ΜΔ3) και στην τοποθεσία Μαρμαρά κάμπος (γεώτρηση ΜΚ2). Συγκρίνοντας τις δύο περιόδους παρατηρείται μια αύξηση των τιμών από τον Ιούνιο του 2005 προς τον Ιούνιο του 2006.

4.2.10 ΙΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥ (Cl⁻)

Τα ιόντα χλωρίου αποτελούν ένα συντηρητικό δείκτη, ο οποίος και δεν μεταβάλλεται χημικά. Η απομάκρυνση τους μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με καθίζηση, η οποία και προκαλείται κατά τη διάρκεια της εξάτμισης σε πολύ προχωρημένο στάδιο (Custodio, 1997, Καλλιώρας, 2007).

Οι κυριότερες φυσικές πηγές προέλευσης των ιόντων χλωρίου είναι τα προϊόντα διάλυσης των εβαποριτών (NaCl), η απόπλυση αλμυρών νερών εγκλωβισμένων σε λεπτόκοκκες ιζηματογενείς αποθέσεις και η θαλάσσια διείσδυση. Σύμφωνα με τον Καλλέργη (2001) σαν κύρια πετρώματα προέλευσης ιόντων Cl⁻ αναφέρονται οι εβαπορίτες.

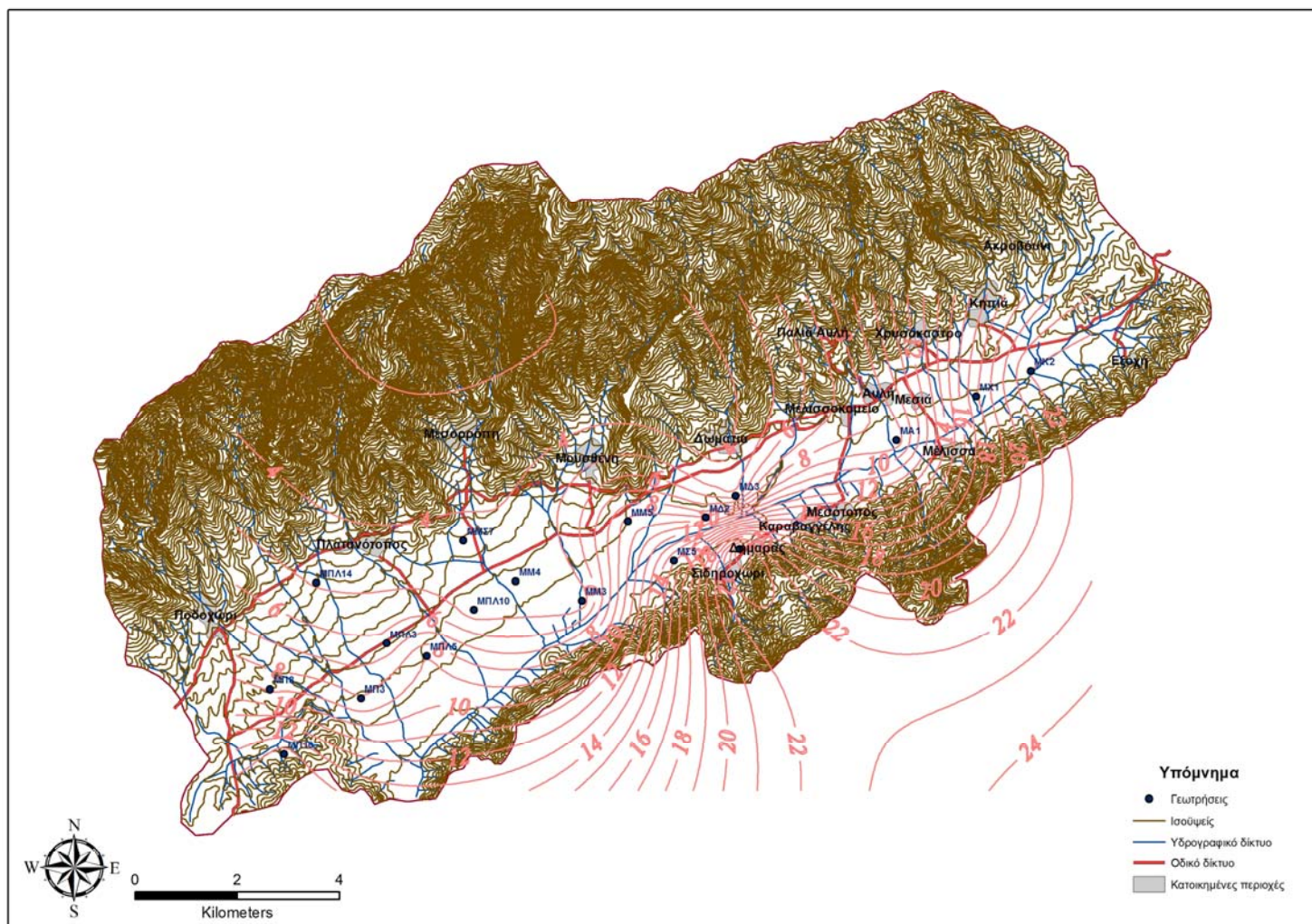
Η τυπική συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου για τις υγρές περιοχές είναι μικρότερη από 10 mg/l, ενώ στις ξηρές ξεπερνά και τα 1000 mg/l. Αναφορικά με τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες εντείνουν το φαινόμενο της υφαλμύρινσης των υπόγειων νερών, αυτές είναι, τα άλατα των δρόμων για αποπαγοποίηση, τα βιομηχανικά, οικιακά και αγροχημικά απόβλητα, οι αλμύρες πετρελαϊκών πεδίων και η θαλάσσια διείσδυση λόγω αντλήσεων.

Οι Richter και Kreitler (1993) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου στο βρόχινο νερό συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 1-20 mg/l στη στενή ζώνη της ακτογραμμής, ενώ μεταβάλλεται σε λιγότερο από 1 mg/l προς την ενδοχώρα. Θεωρείται ότι υγρά σταγονίδια θαλασσινού νερού τα οποία είτε ψεκάζονται κατευθείαν από τη θάλασσα είτε μεταφέρονται μέσω ανέμων, ενδέχεται να ρυπάνουν επιφανειακά νερά της ενδοχώρας ή να επικαθίσουν στην επιφάνεια προκαλώντας αλμύριση του εδάφους (Καλλιώρας, 2007).

Λόγω της συντηρητικής χημικής συμπεριφοράς των ιόντων χλωρίου καθώς επίσης και λόγω της συμμετοχής τους στις διαδικασίες της υφαλμύρινσης των υπόγειων νερών, τα ιόντα αυτά χρησιμοποιούνται ως η κύρια παράμετρος προσδιορισμού της υποβάθμισης των υπόγειων νερών (Todd, 1959, Custodio and Lamas, 1976, Custodio, 1997, Custodio et al., 1987).

Στην περιοχή Πιέρια Κοιλάδα για την περίοδο του Ιουνίου του έτους 2005 οι συγκεντρώσεις του χλωρίου κυμαίνονται από 2,9 έως 24,7 mg/l ενώ για την περίοδο του Ιουνίου του έτους 2006 οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 4,1 έως 24,8 mg/l. Από

τα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.19, Σχήμα 4.20) οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις και για τις δύο περιόδους (Ιούνιο 2005 & Ιούνιο 2006) παρατηρούνται στο Σιδηροχώρι (γεώτρηση ΜΣ3), στην τοποθεσία Μαρμαρά κάμπος (γεώτρηση ΜΚ2) και στο χωριό Χρυσόκαστρο (γεώτρηση ΜΧ1). Αντίθετα οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις για τον Ιούνιο του 2005 παρατηρούνται στον Πλατανότοπο (γεωτρήσεις ΜΠΛ3, ΜΠΛ10 και ΜΠΛ14), στα Δωμάτια (γεώτρηση ΜΔ3), στην Μεσορόπη (γεώτρηση ΜΜΣ7) και στη Μουσθένη (γεωτρήσεις ΜΜ3 και ΜΜ4) ενώ για τον Ιούνιο του 2006 οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στη Μουσθένη (γεωτρήσεις ΜΜ3 και ΜΜ4), στη Μεσορόπη (γεώτρηση ΜΜΣ7) και στην περιοχή του Πλατανότοπου (γεώτρηση ΜΠΛ10). Συγκρίνοντας τις 2 περιόδους παρατηρείται μια αύξηση των τιμών από τον Ιούνιο του 2005 προς τον Ιούνιο του 2006.



Σχήμα 4.20: Χωρική κατανομή του χλωρίου για τον Ιούνιο του 2006 στην περιοχή της Πιέριας λεκάνη

4.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Για τη συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από χημικές αναλύσεις και για να είναι πιο εύκολη η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων χρησιμοποιείται συνήθως κάποιο από τα υδροχημικά διαγράμματα που έχουν επικρατήσει.

Αυτά προσφέρουν μια εποπτική εικόνα της θέσης και του είδους του νερού καθώς και συγκρίσεις και συσχετισμούς που επιδέχονται ερμηνεία. Υπάρχουν πολλών ειδών διαγράμματα που χρησιμοποιούνται και διαφόρων ειδών ταξινομήσεις του νερού που χρησιμοποιούν διαφορετικά κριτήρια η κάθε μια.

Έτσι υπάρχουν διαγράμματα ανυσματικά, ραβδοδιαγράμματα, κυκλικά και ακτινωτά, πολυγωνικά, ημιλογαριθμικά και τριγωνικά κ.τ.λ. και πάνω σ' αυτά τα διαγράμματα έχουν προταθεί από διάφορους ερευνητές κατατάξεις της ποιότητας του νερού (π.χ. Piper, Durov, Schoeller).

Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν τα διαγράμματα κατά Piper και κατά Schoeller.

4.3.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Piper

Πρωτοεισήχθηκε από τον Piper, M. (1944) και συμπληρώθηκε από τους Davis, S. – De Wiest, R. (1967) και τον Fetter, C.W. (1994).

Το τριγραμμικό διάγραμμα Piper (1944) είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο και ίσως το πιο εύχρηστο, διότι η αναγνώριση των ομοιοτήτων και των διαφορών του που παρουσιάζουν διάφορα δείγματα νερού καθώς και της ανάμειξης δύο διαφορετικών νερών, είναι άμεση (Δημόπουλος, 1983, Καλλέργης, 1986, Δημόπουλος κ.α., 2008).

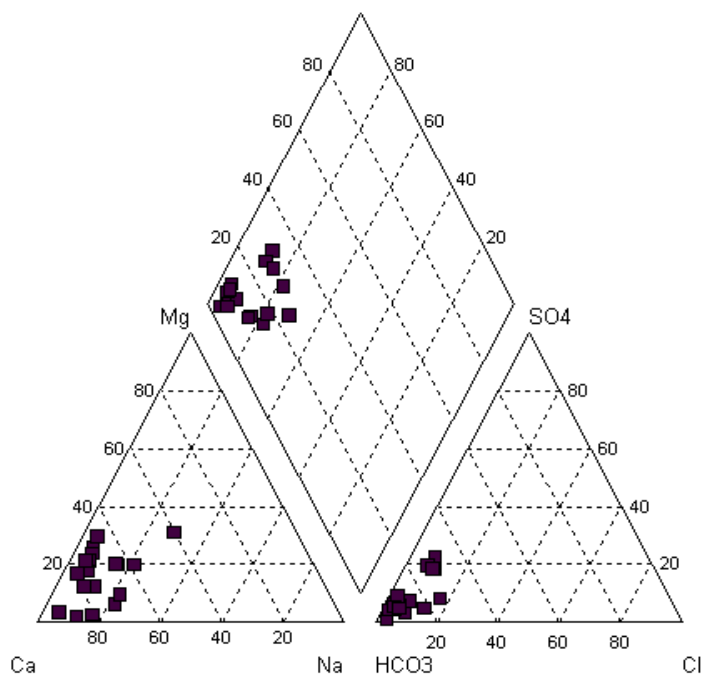
Στα τριγραμμικά διαγράμματα, τα κατιόντα, εκφρασμένα επί τοις εκατό του συνόλου των κατιόντων σε meq/l, προβάλλονται σαν ένα σημείο στο αριστερό τρίγωνο και αντίστοιχα τα ανιόντα προβάλλονται στο δεξιό τρίγωνο κατά τον ίδιο τρόπο. Τα δύο αυτά σημεία προβάλλονται στον κεντρικό ρόμβο. Το σημείο που προκύπτει αντιστοιχεί σε έναν τύπο νερού (Μυριούνης, 2004).

Το διάγραμμα Piper (Σχήμα 4.21) είναι πολύ χρήσιμο τόσο για τον εντοπισμό του υδροχημικού τύπου των υπόγειων νερών (Martinez & Bocanegra, 2002, Leboeuf, 2004, Adams et al., 2001) όσο και για την ερμηνεία υδροχημικών σχέσεων μεταξύ των υπόγειων νερών όπως (Custodio, 1987): α) ανάμιξη διαφορετικών τύπων νερού, β) κατιοντική ανταλλαγή, γ) αντιδράσεις καθίζησης και διάλυσης και δ) θεϊκή αναγωγή.

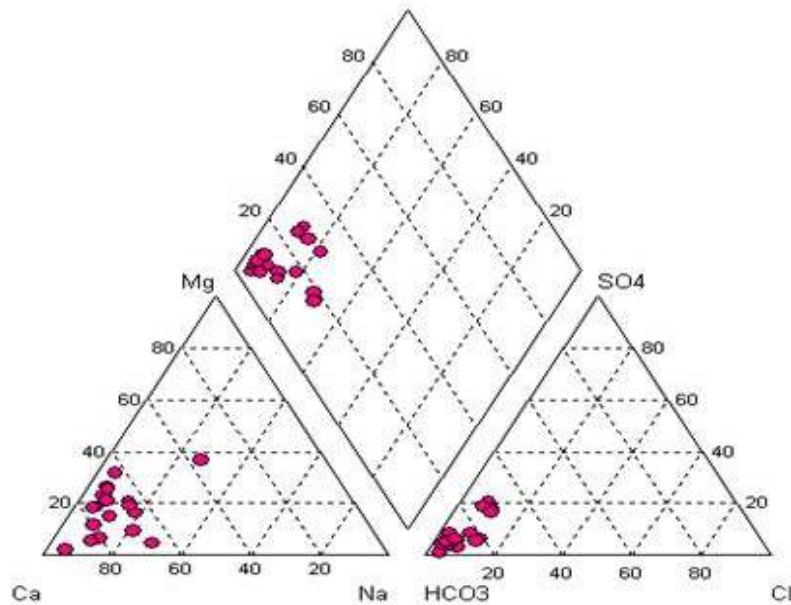
Χαρακτηριστικά, στο κάτω αριστερά διάγραμμα, το οποίο και είναι το διάγραμμα των κατιόντων, παρατηρείται μια συγκέντρωση όπου δείχνει ότι τα νερά της περιοχής χαρακτηρίζονται ως ασβεστούχα. Όσο κινούμαστε προς την κορυφή του τριγωνικού αυτού διαγράμματος δεν παρατηρείται επικράτηση κάποιου ιόντος, με μοναδική απόκλιση, την γεώτρηση ΜΔ2 στο χωριό Δωμάτια που εμφανίζεται στην περιοχή όπου επικρατούν νερά μικτής σύστασης.

Από το τριγωνικό διάγραμμα των ανιόντων διαπιστώνεται η γενικότερη συγκέντρωση των δειγμάτων, στην κορυφή των HCO_3 ιόντων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διάλυση του CaCO_3 και τα νερά της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζονται ως ανθρακικά.

Από το ρομβικό διάγραμμα του διαγράμματος Piper διαπιστώνεται πως τα νερά της περιοχής διακρίνονται σε άσβεστο – μαγνησιούχα οξύ - ανθρακικά.



Σχήμα 4.22:Τριγραμμικό διάγραμμα Piper για την περίοδο του Ιουνίου του 2005

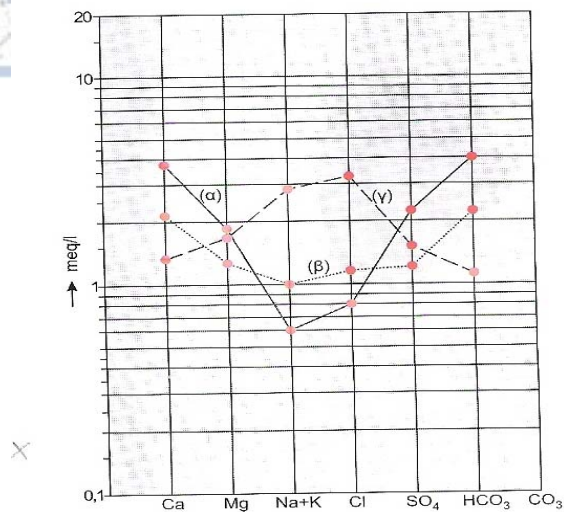


Σχήμα 4.23: Τριγραμμικό διάγραμμα Piper για την περίοδο του Ιουνίου του 2006

4.3.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Schoeller

Το διάγραμμα αυτό προτάθηκε από τον Schoeller (1948, 1962, 1967) και έχει ευρεία χρήση γιατί επιτυγχάνει να απεικονίσει με σαφή τρόπο τους διάφορους τύπους του υπόγειου νερού. Επίσης με αυτό το διάγραμμα είναι εύκολη η σύγκριση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων. Τα ημιλογαριθμικά διαγράμματα Schoeller (Σχήμα 4.24) χρησιμοποιούνται και για τον προσδιορισμό της ποσιμότητας του νερού.

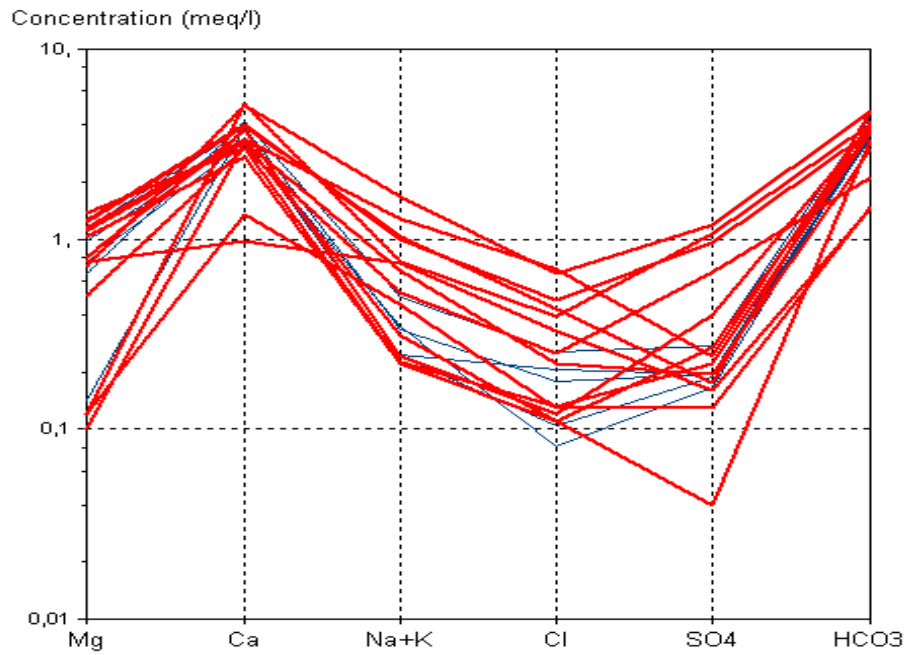
Στον άξονα των τετμημένων τοποθετούνται σε κανονικά διαστήματα από τα αριστερά προς τα δεξιά το δέκατο της συγκέντρωσης των ιόντων εκφρασμένες σε meq/l και επί των αξόνων των τεταγμένων, που είναι βαθμολογημένες σε μια λογαριθμική κλίμακα, τοποθετούνται ο αριθμός των meq/l των παραπάνω ιόντων (Λαμπράκης, 1994).



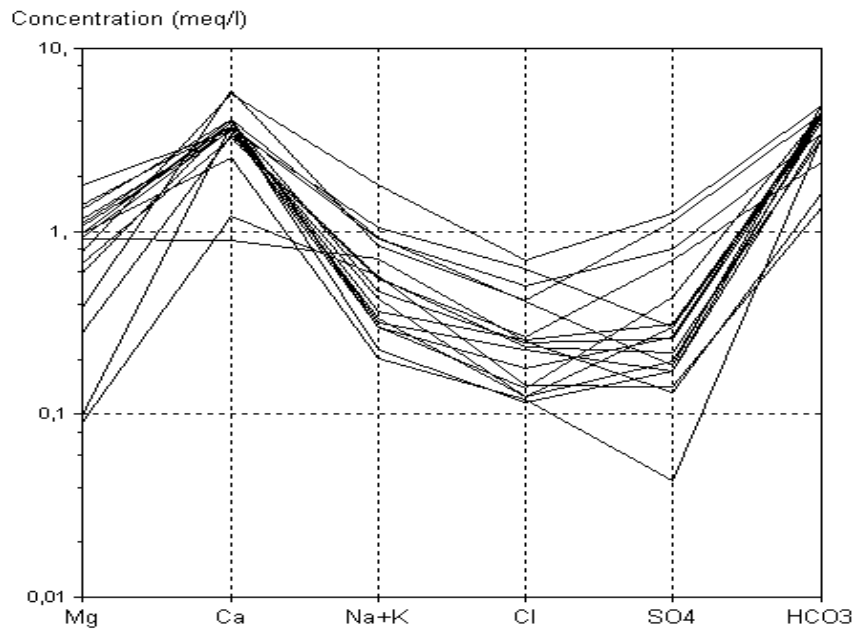
Σχήμα 4.24: Ημιλογαριθμικό διάγραμμα κατά Schoeller, H. (1955) και εφαρμογή του για τρία δείγματα. (Σούλιος, 2006)

Είναι σαφές ότι όταν η καμπύλη έχει το κυρτό μέρος προς τα πάνω έχουμε υφάλμυρο νερό, ενώ όταν έχουμε το κοίλο είναι γλυκό νερό. Ακόμη όσο πιο «πάνω» βρίσκεται αυτή τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα (Σούλιος, 2006).

Από το διάγραμμα του Schoeller (Σχήματα 4.25 και 4.26) που εφαρμόσαμε για τις δύο περιόδους (Ιούνιος 2005 και Ιούνιος 2006) και σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα νερά της περιοχής προέρχονται από γλυκούς υδροφόρους και η επίδραση της θάλασσας σε αυτούς είναι αμελητέα.



Σχήμα 4.25: Διάγραμμα Schoeller για την περίοδο του Ιουνίου 2005



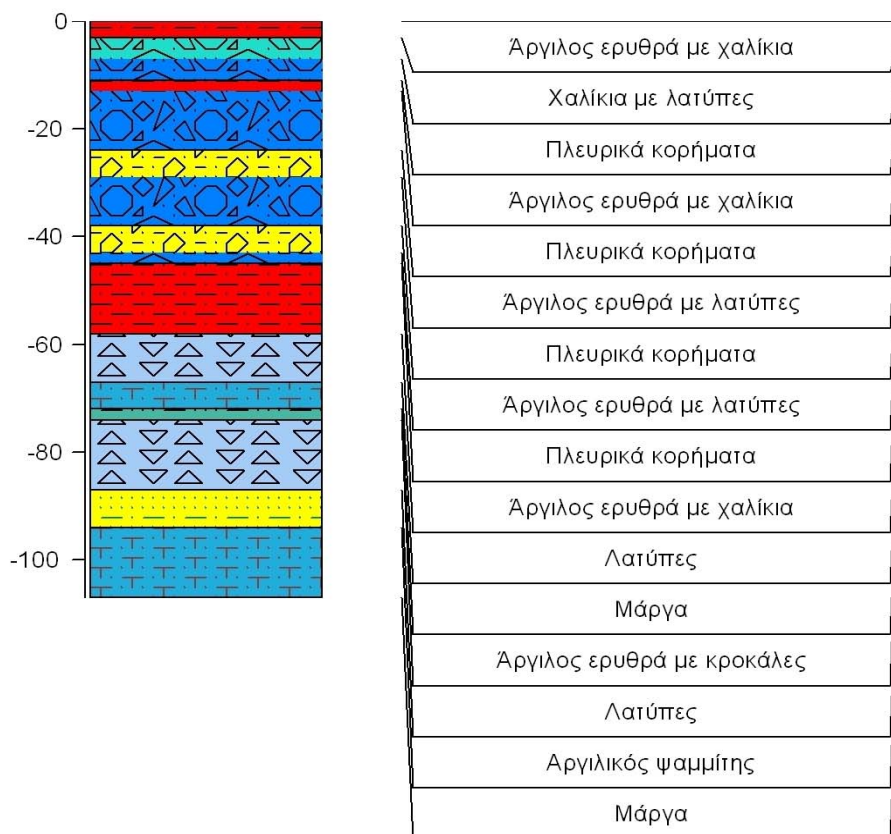
Σχήμα 4.26: Διάγραμμα Schoeller για την περίοδο του Ιουνίου 2006

5. ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Οι γεωτρήσεις που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης, βρίσκονται κυρίως κατά μήκος του ποταμού Μαρμαρά και καλύπτουν τις ανάγκες ύδρευσης της περιοχής. Από τις συνολικά 18 γεωτρήσεις που μελετήθηκαν οι περισσότερες έχουν βάθος τα 160-180 m. Οι γεωτρήσεις με το μεγαλύτερο βάθος στην περιοχή μελέτης είναι η γεώτρηση ΜΠ8 η οποία βρίσκεται στο χωριό Ποδοχώρι και έχει βάθος τα 230 m και η γεώτρηση ΜΠΛ14 η οποία βρίσκεται στην τοποθεσία Πλατανότοπος και έχει βάθος τα 197 m. Η γεώτρηση με το μικρότερο βάθος στην περιοχή είναι η γεώτρηση ΜΠ3 η οποία βρίσκεται στο Ποδοχώρι με βάθος που φτάνει τα 107 m .

Γεώτρηση ΜΠ3

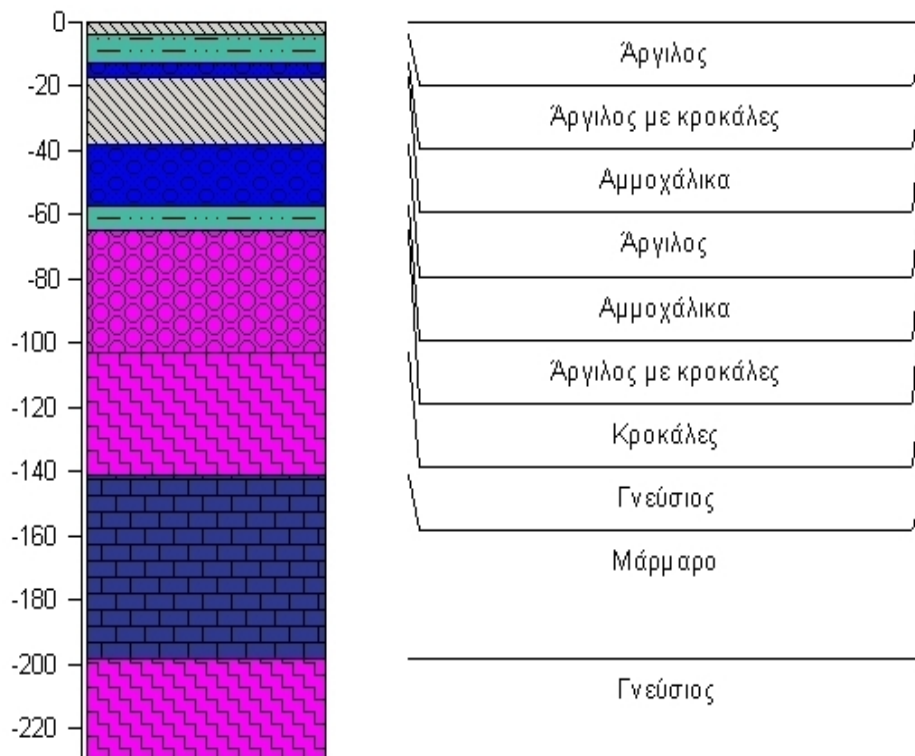
- Η γεώτρηση ΜΠ3 βρίσκεται στο χωριό Ποδοχώρι της Πιέριας Κοιλάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 107 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται μέχρι τα 60 m από εναλλαγές ερυθρών αργίλων με χαλίκια ή λατύπες και πλευρικά κορήματα. Ενώ από τα 60 m μέχρι το τέλος της γεώτρησης από εναλλαγές λατυποπαγούς με άργιλο και μάργα.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 80 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 20,62 m και η στάθμη άντλησης 40,41 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.



Σχήμα 5.1: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΠ3

Γεώτρηση ΜΠ8

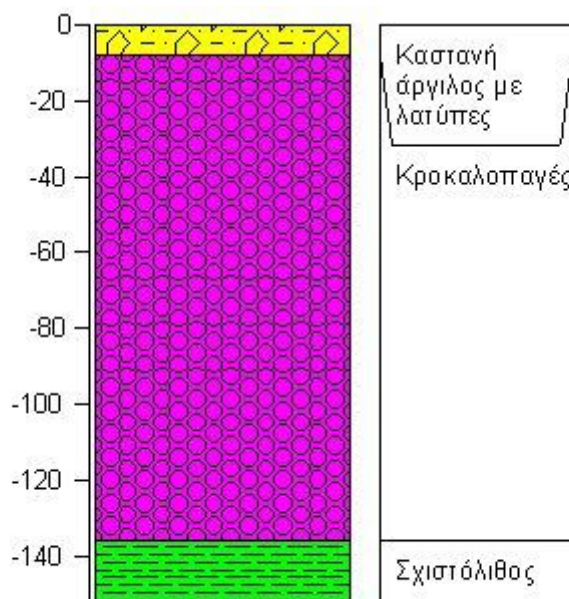
- Η γεώτρηση ΜΠ8 βρίσκεται στο χωριό Ποδοχώρι της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 230 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται μέχρι τα 103 m από εναλλαγές αργίλων με χαλίκια και κροκαλοπαγή. Ενώ από τα 103 m μέχρι το τέλος της γεώτρησης από εναλλαγές γνευσίου και μαρμάρου.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 50 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 12 m και η στάθμη άντλησης 55 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η πτώση στάθμης αυτή πιθανόν σημαίνει ότι η γεώτρηση έχει καλή τροφοδοσία από τον υδροφόρο.



Σχήμα 5.2: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΠ8

Γεώτρηση ΜΜΣ7

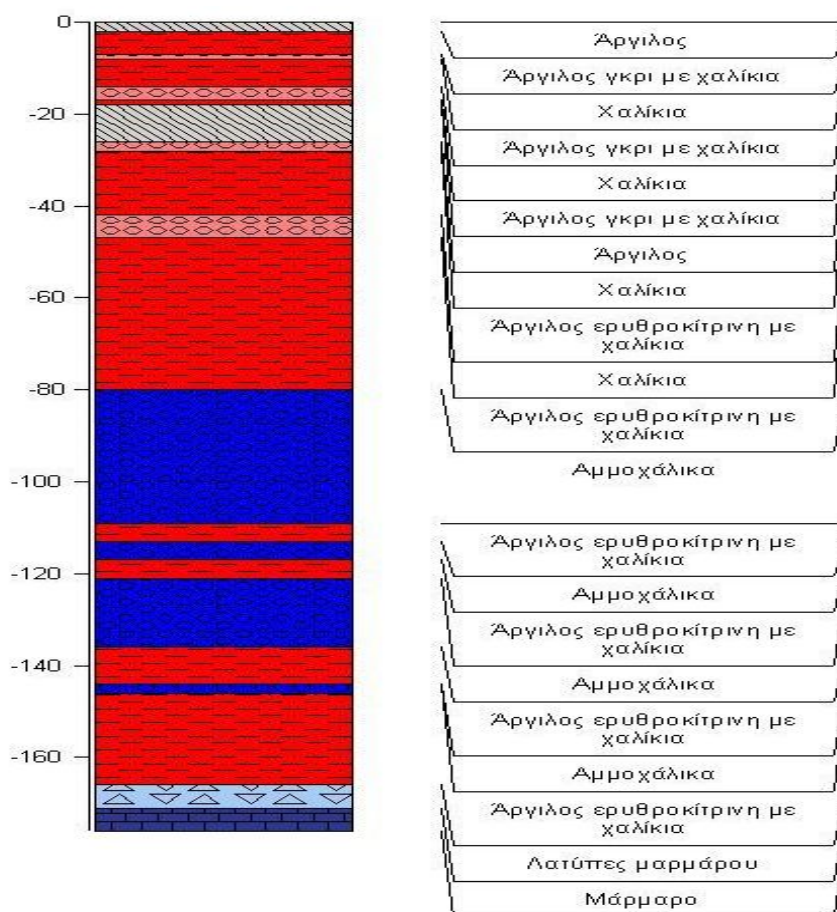
- Η γεώτρηση ΜΜΣ7 βρίσκεται στο χωριό Ξηροπήγαδο της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 152 m.
- Η γεώτρηση στα πρώτα 10 m αποτελείται από ερυθρά άργιλο. Από τα 10 m μέχρι και τα 136 m αποτελείται από κροκαλοπαγές. Τέλος από τα 136 m μέχρι το τέλος της γεώτρησης αποτελείται από καολινιτικό υλικό που προέρχεται μάλλον από σχιστόλιθους.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 55 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 40 m και η στάθμη άντλησης 67 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η πτώση στάθμης αυτή πιθανόν σημαίνει ότι η γεώτρηση έχει καλή τροφοδοσία από τον υδροφόρο.



Σχήμα 5.3: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΜΣ7

Γεώτρηση MM3

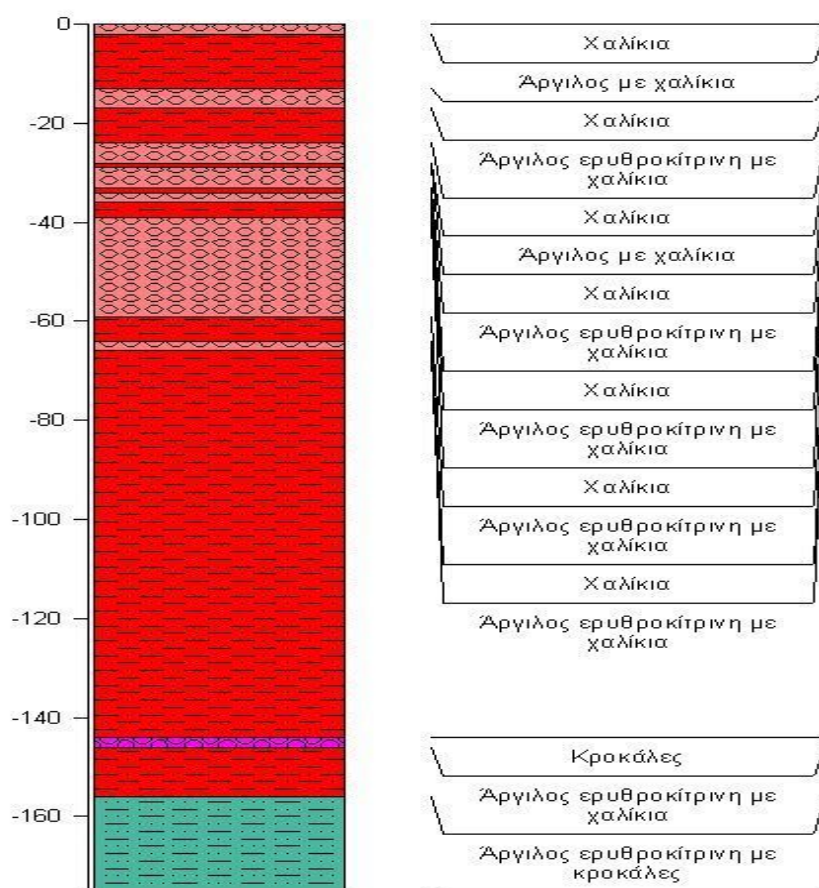
- Η γεώτρηση MM3 βρίσκεται στο χωριό Μουσθένη της Πιέριας Κοιλάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 176 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από εναλλαγές αργίλων με χαλίκια ή λατύπες. Στα τελευταία 6 m της γεώτρησης έχουμε λατύπες μαρμάρου και μάρμαρο.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 150 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 5,75 m και η στάθμη άντλησης 24,9 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.



Σχήμα 5.4: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης MM3

Γεώτρηση MM4

- Η γεώτρηση MM4 βρίσκεται στη Μουσθένη της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 175 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από εναλλαγές αργίλων με κροκάλες και χαλίκια.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 180 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 0 m (αυτόματη ροή) και η στάθμη άντλησης 13 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.

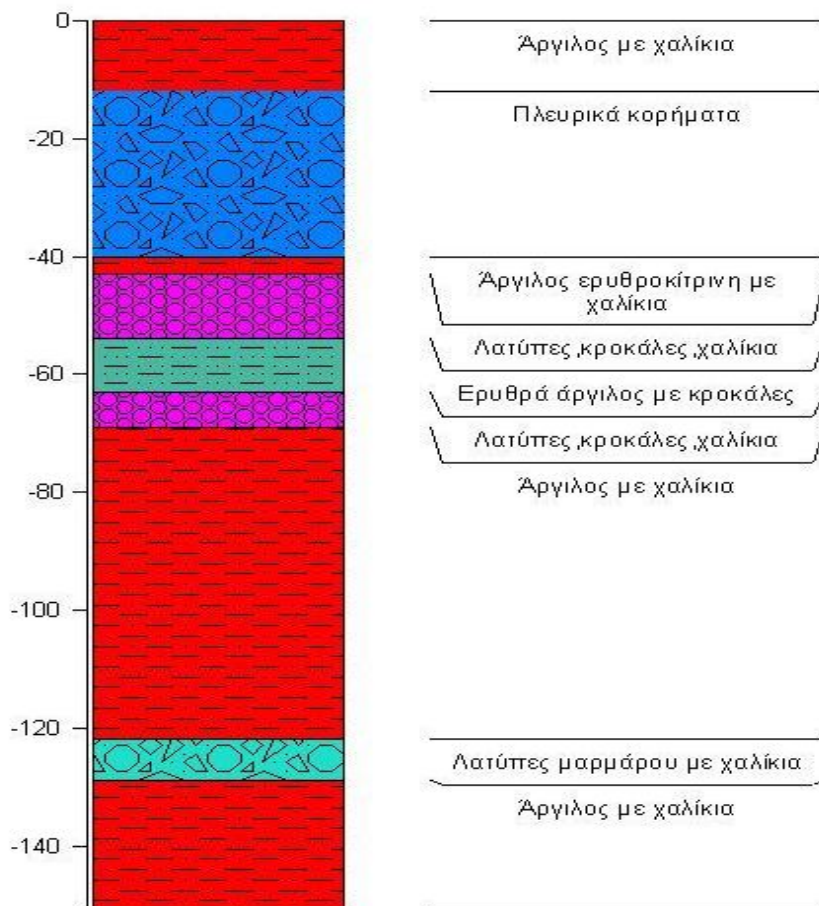


Σχήμα 5.5: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης MM4

Γεώτρηση MM5

- Η γεώτρηση MM3 βρίσκεται στη Μουσθένη της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 151 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από εναλλαγές αργίλου με χαλίκια και λατύπες μαρμάρου.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 130 m³/h.

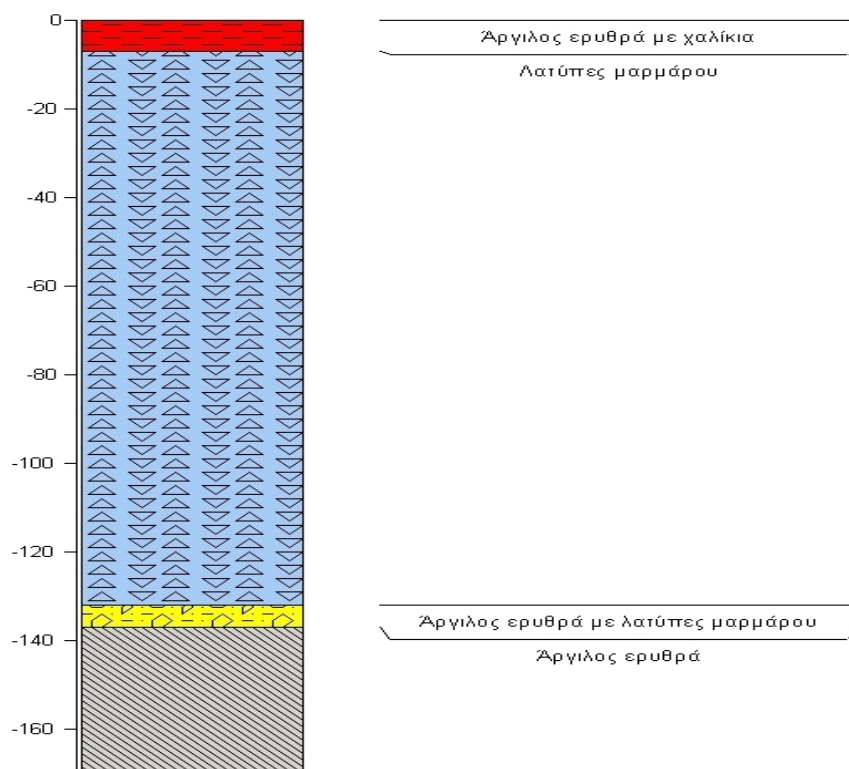
Η υδροστατική στάθμη είναι 6,7 m και η στάθμη άντλησης 27,5 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.



Σχήμα 5.6: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης MM5

Γεώτρηση ΜΠΛ3

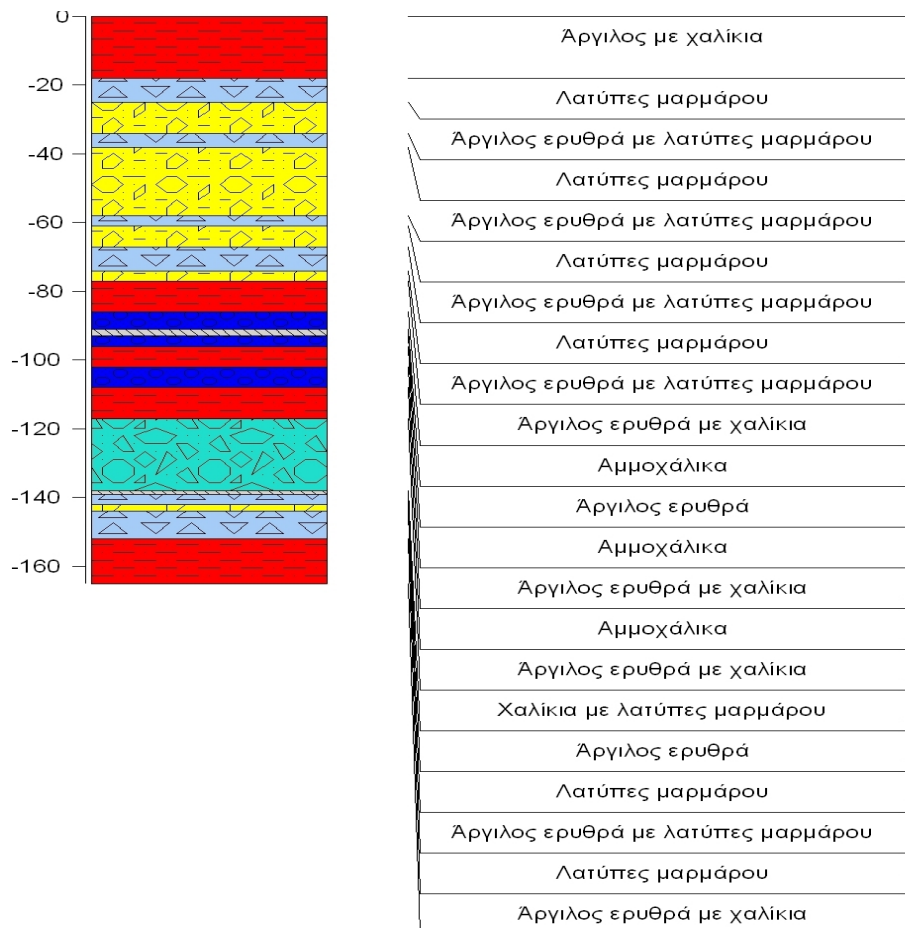
- Η γεώτρηση ΜΠΛ3 βρίσκεται στο χωριό Πλατανότοπος της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 170 m.
- Η γεώτρηση από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι και τα 7 m αποτελείται από άργιλο με χαλίκια. Το ίδιο ισχύει και για τα τελευταία 47 m της γεώτρησης. Ενώ από 7 μέχρι τα 132 m αποτελείται από λατύπες.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 90 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 35,2 m και η στάθμη άντλησης 59,28 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.



Σχήμα 5.7: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΠΛ3

Γεώτρηση ΜΠΛ5

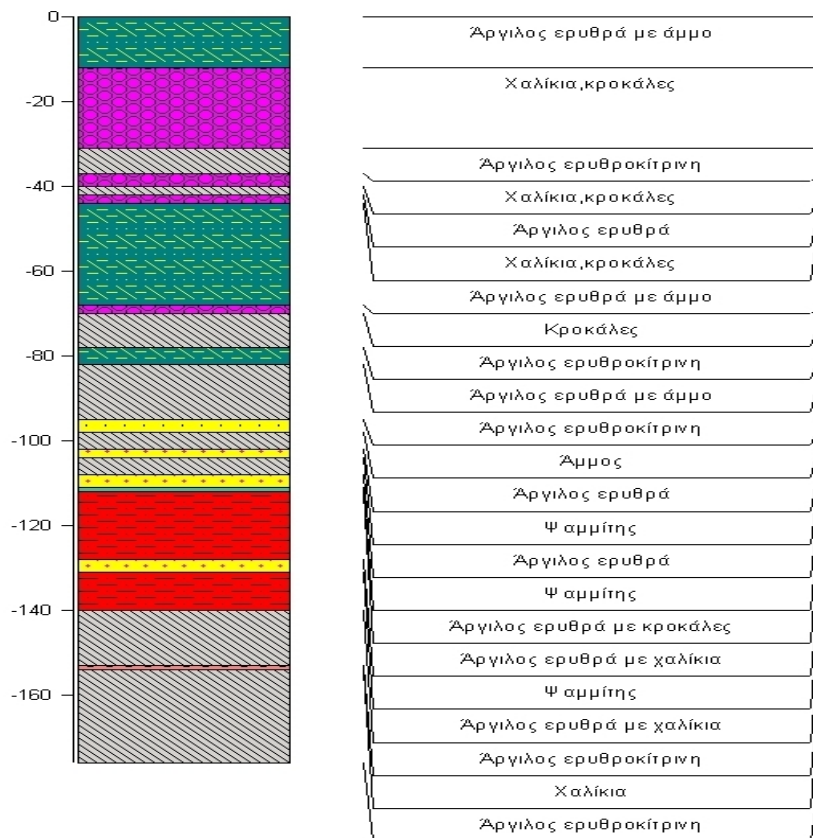
- Η γεώτρηση ΜΠΛ3 βρίσκεται στον Πλατανότοπο της Πιέρις Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 165 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από εναλλαγές αργίλου με χαλίκια και λατύπες.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 160 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 8,47 m και η στάθμη άντλησης 21,5 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.



Σχήμα 5.8: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΠΛ5

Γεώτρηση ΜΠΑ10

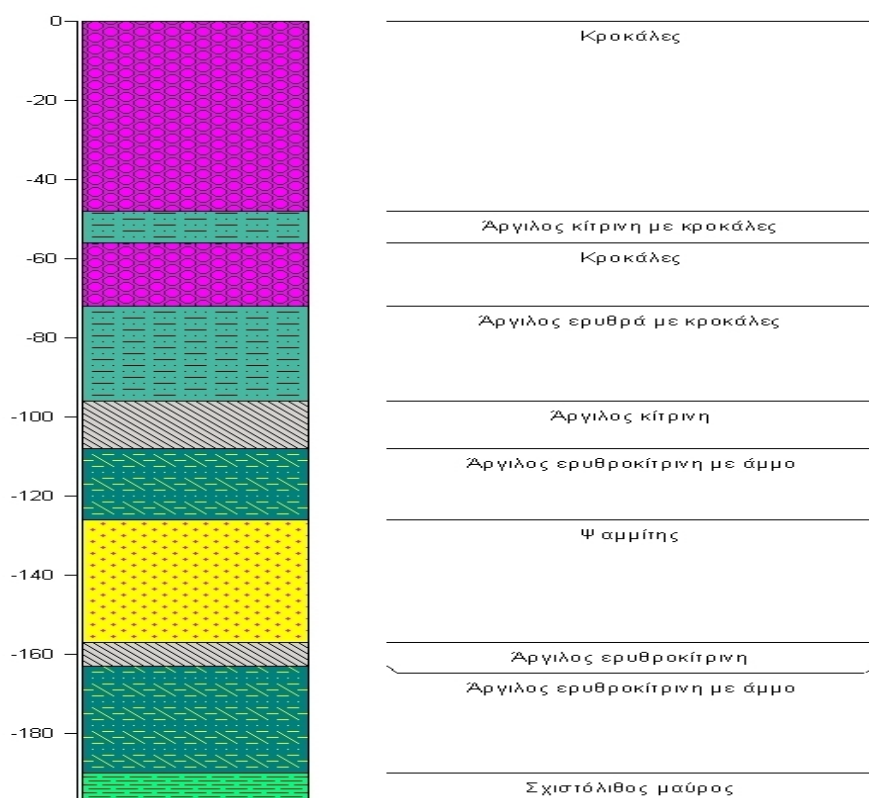
- Η γεώτρηση ΜΠΑ10 βρίσκεται στον Πλατανότοπο της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 176 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από εναλλαγές αργίλου με χαλίκια, ψαμμίτη και κροκάλες.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 120 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 0,87 m και η στάθμη άντλησης 24,6 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.



Σχήμα 5.9: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΠΑ10

Γεώτρηση ΜΠΛ14

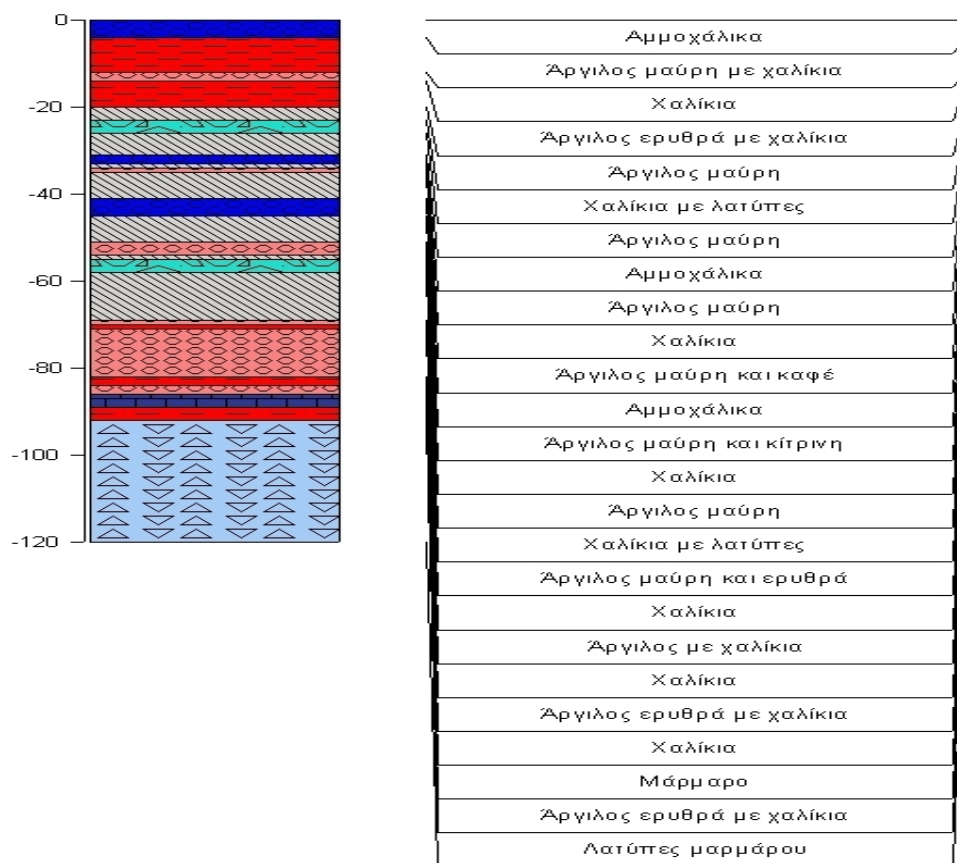
- Η γεώτρηση ΜΠΛ14 βρίσκεται στον Πλατανότοπο της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 197 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται μέχρι τα 96 m από χαλαρό κροκαλοπαγές με άργιλο. Ενώ από τα 96 m έως τα 190 m από εναλλαγές αργίλου με χονδρόκοκκο άμμο. Στα τελευταία 7 m της γεώτρησης αποτελείται από σχιστόλιθο.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 40 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 28 m και η στάθμη άντλησης 160 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μεγάλη πτώση στάθμης σημαίνει μικρή τροφοδοσία του υδροφόρου στρώματος.



Σχήμα 5.10: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΠΛ14

Γεώτρηση MX1

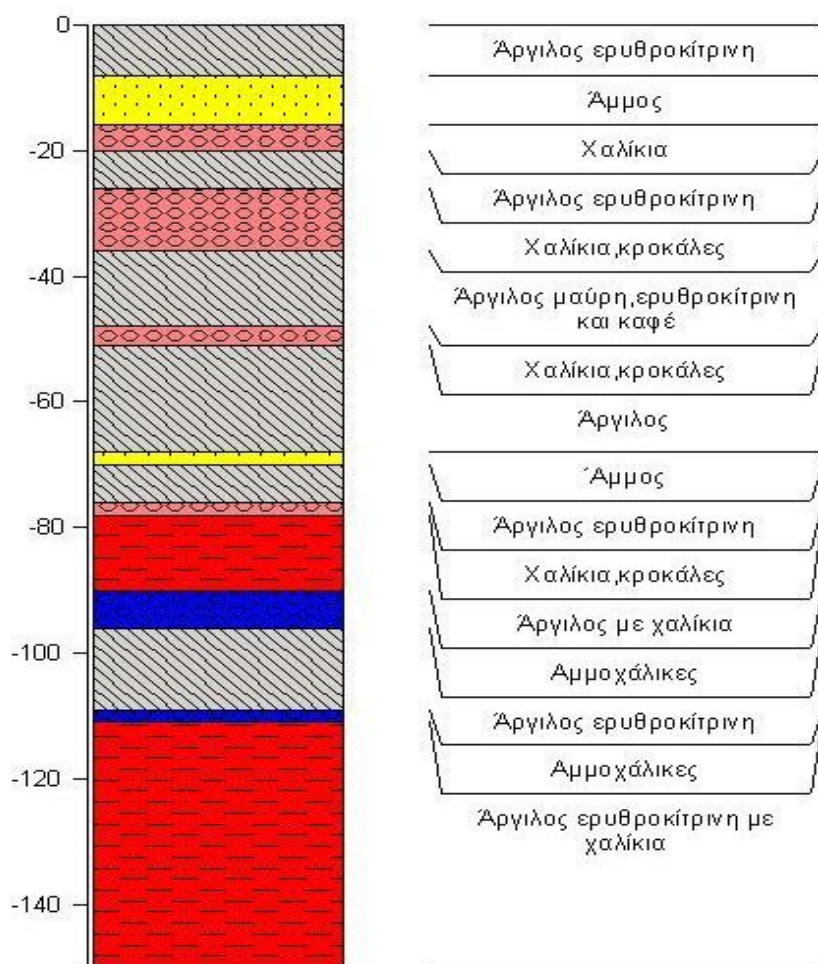
- Η γεώτρηση MX1 βρίσκεται στο χωριό Χρυσόκαστρο της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 120 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται μέχρι τα 92 m από εναλλαγές αργίλου με χαλίκια. Ενώ από τα 92 m μέχρι το τέλος της γεώτρησης από λατύπες μαρμάρου.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 200 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 0 m (αυτόματη ροή) και η στάθμη άντλησης 28,74 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.



Σχήμα 5.11: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης MX1

Γεώτρηση ΜΔ2

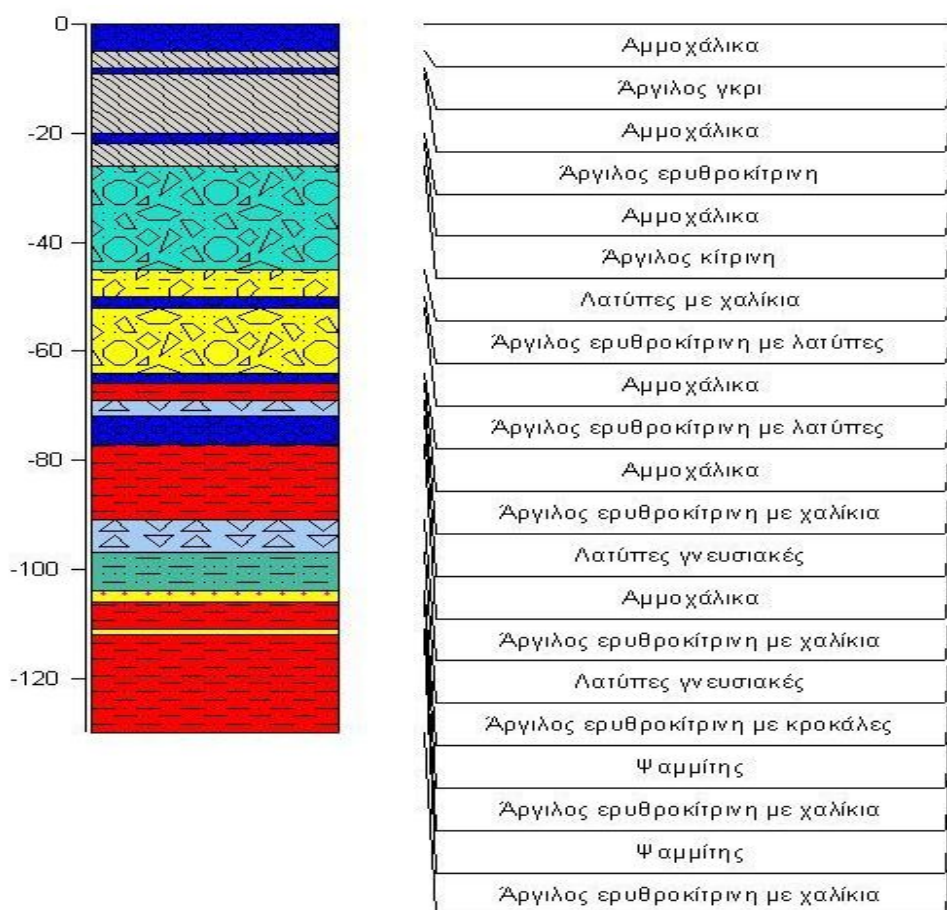
- Η γεώτρηση ΜΔ2 βρίσκεται στο χωριό Δωμάτια της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 150 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από εναλλαγές αργίλου με χαλίκια και κροκάλες.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 40 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 4,69 m και η στάθμη άντλησης 43,6 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η πτώση στάθμης αυτή πιθανόν σημαίνει ότι η γεώτρηση έχει καλή τροφοδοσία από τον υδροφόρο.



Σχήμα 5.12: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΔ2

Γεώτρηση ΜΔ3

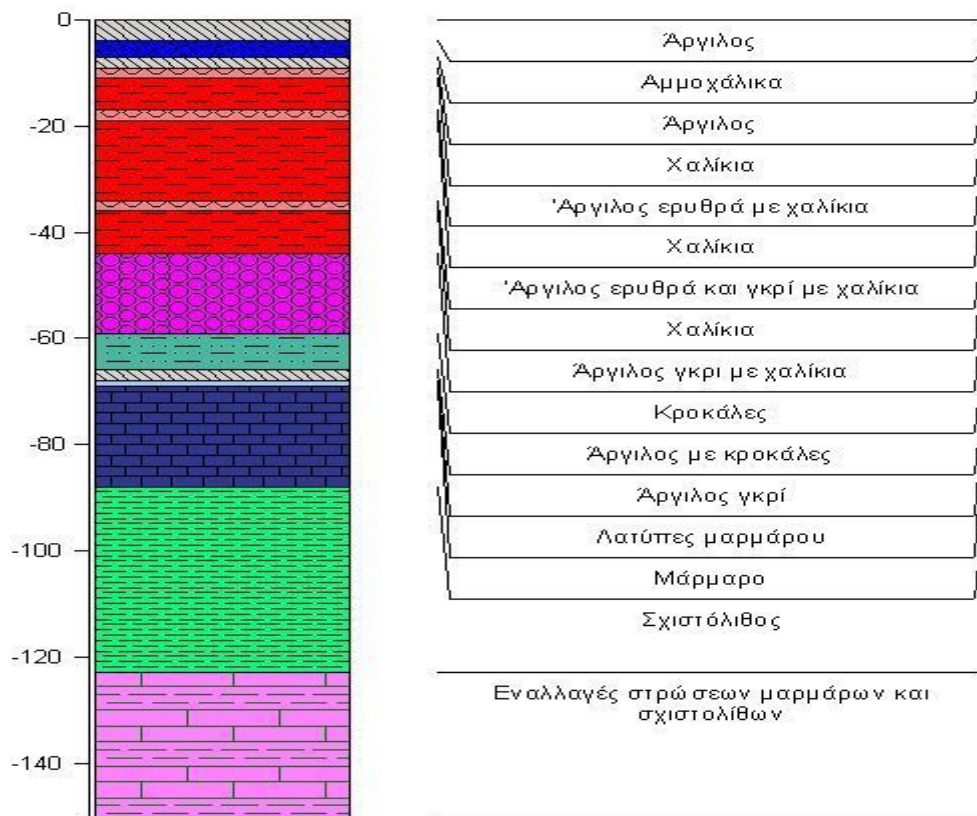
- Η γεώτρηση ΜΔ3 βρίσκεται στα Δωμάτια της Πιέριας Κοιλάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 130 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από εναλλαγές αργίλου με χαλίκια, χαλαρό ψαμμίτη και λατύπες γνευσιακές.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 45 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 1,9 m και η στάθμη άντλησης 35,42 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η πτώση στάθμης αυτή πιθανόν σημαίνει ότι η γεώτρηση έχει καλή τροφοδοσία από τον υδροφόρο.



Σχήμα 5.13: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΔ3

Γεώτρηση ΜΣ3

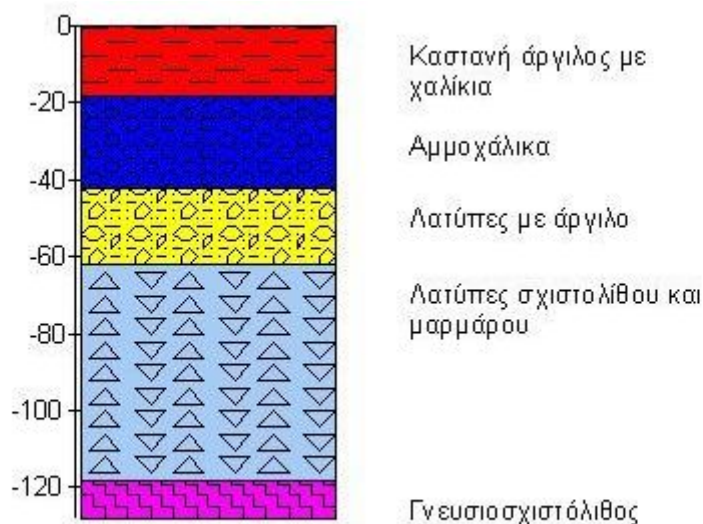
- Η γεώτρηση ΜΣ3 βρίσκεται στο χωριό Σιδηροχώρι της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 151 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από εναλλαγές αργίλου με χαλίκια και εναλλαγές μαρμάρου και σχιστόλιθου.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 140 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 3,51 m και η στάθμη άντλησης 44,08 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η πτώση στάθμης αυτή πιθανόν σημαίνει ότι η γεώτρηση έχει καλή τροφοδοσία από τον υδροφόρο.



Σχήμα 5.14: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΣ3

Γεώτρηση ΜΣ5

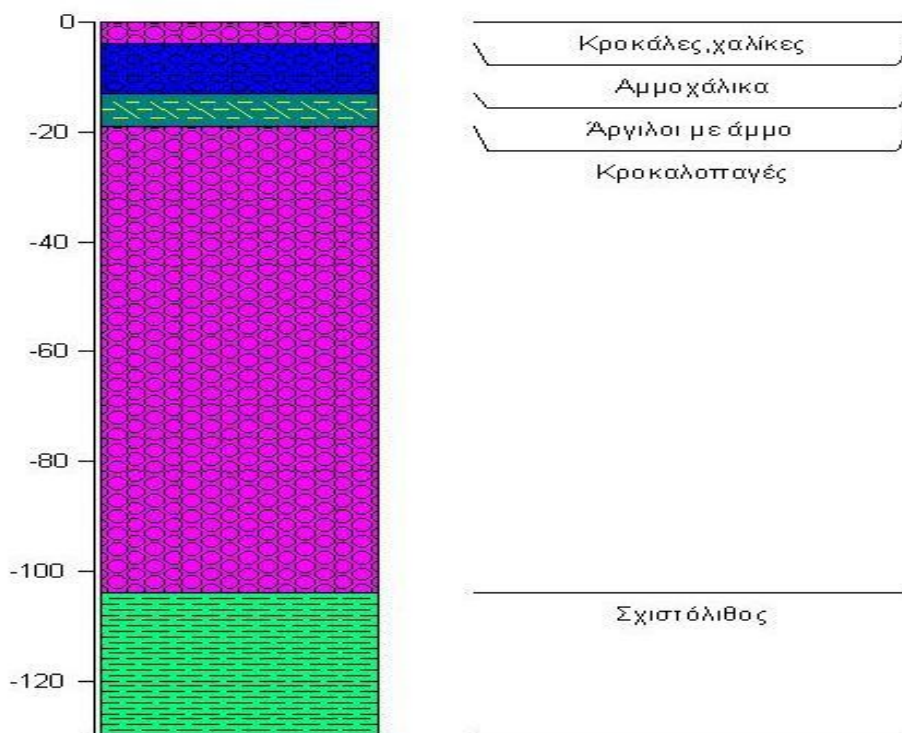
- Η γεώτρηση ΜΣ5 βρίσκεται στο Σιδηροχώρι της Πιέριας Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 128 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τα 42 m από άργιλο και αμμοχάλικα. Από τα 42 m έως τα 118 m από λατύπες και τέλος από τα 118 m μέχρι τα 128 m αποτελείται από γνευσιοσχιστόλιθο.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 100 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 3 m και η στάθμη άντλησης 19 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μικρή πτώση στάθμης πιθανόν σημαίνει υδροφόρο στρώμα υπό πίεση.



Σχήμα 5.15: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΣ5

Γεώτρηση MK2

- Η γεώτρηση MK2 βρίσκεται στη περιοχή Μαρμαρά Κάμπος της Πιέρις Κοιλιάδας.
- Το βάθος της γεώτρησης είναι 130 m.
- Η γεώτρηση αποτελείται από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τα 19 m από άργιλο αμμοχάλικα και κροκάλες με χαλίκια. Από τα 19 m έως τα 104 m από χαλαρό κροκαλοπαγές και τέλος από τα 104 m μέχρι τα 130 m αποτελείται από κερματισμένο σχιστόλιθο.
- Η παροχή (Q) της γεώτρησης είναι 80 m³/h.
- Η υδροστατική στάθμη είναι 18 m και η στάθμη άντλησης 60 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η μεγάλη πτώση στάθμης σημαίνει μικρή τροφοδοσία του υδροφόρου στρώματος.



Σχήμα 5.16: Τεχνικογεωλογική τομή της γεώτρησης MK2

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη διπλωματική εργασία αυτή μελετήθηκαν τα υδροχημικά χαρακτηριστικά στην περιοχή της Πιέριας λεκάνης του Νομού Καβάλας. Συγκεκριμένα εξετάστηκε η ποιότητα των υπόγειων νερών 16 γεωτρήσεων με τη βοήθεια υδροχημικών διαγραμμάτων και θεματικών χαρτών. Παρακάτω δίνονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία αυτή.

- Η περιοχή μελέτης εντάσσεται γεωτεκτονικά στη Μάζα της Ροδόπης η οποία και αποτελεί το βορειοανατολικό άκρο της Ελλάδας. Παλαιογεωγραφικά συνιστά μια παλιά κρυσταλλική μάζα. Η ζώνη αυτή αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα όπως φυλλίτες, γνεύσιους, σχιστόλιθους, μάρμαρα ηλικίας Παλαιοζωικού και πυριγενή πετρώματα. Η μάζα της Ροδόπης θεωρείται ηπειρωτική μάζα με προέλευση τη λιθοσφαιρική πλάκα της Λαυρασίας.
- Στην περιοχή μελέτης έλαβαν χώρα οι εξής ορογενετικές περίοδοι: η πρώτη ηλικίας Παλαιοζωικού, η δεύτερη ηλικίας Ανωτέρου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού, η τρίτη ηλικίας Τελικού Κρητιδικού – Μέσου Ηωκαίνου και η τέταρτη ηλικίας Νεογενούς - Τεταρτογενούς.
- Η Πιέρια λεκάνη βρίσκεται ανάμεσα στις λεκάνες του Στρυμόνα και του Νέστου και θεωρείται μια κλειστή λεκάνη. Αποστραγγίζεται από τον χείμαρρο Μαρμαρά και εκβάλλει στο Θρακικό Πέλαγος.
- Την τελευταία 50-ετία (1951-2001) παρατηρείται στην περιοχή σημαντική μείωση του συνολικού πληθυσμού (από 7964 κατοίκους σε 5002).
- Η μεγαλύτερη μέση μηνιαία τιμή θερμοκρασίας παρατηρείται τον μήνα Ιούλιο ($25,5^{\circ}\text{C}$). Η ελάχιστη μηνιαία τιμή θερμοκρασίας παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο.
- Η μέση ετήσια βροχόπτωση κατά τη χρονική περίοδο 1995-2008 είναι 700,6 mm με μέγιστη τιμή 1053,1 mm το έτος 2005-2006 και ελάχιστη 340,4 mm το έτος 1998-1999.
- Η περιοχή δέχεται κατά μέσο όρο, το μεγαλύτερο όγκο ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων το μήνα Δεκέμβριο (123,6 mm), ενώ το μικρότερο τον μήνα

Ιούνιο (40,2 mm). Από την εποχική κατανομή προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό βροχοπτώσεων παρατηρείται το Φθινόπωρο (31%).

- Από την υδροχημική μελέτη για την περίοδο δειγματοληψίας του Ιουνίου 2005 προέκυψε ότι η γεώτρηση που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της ολικής σκληρότητας είναι η ΜΣ3 που βρίσκεται στην περιοχή του Σιδηροχωρίου, στην οποία οι συγκεντρώσεις του κατιόντος Na^+ , όσο και των ανιόντων SO_4^- και NO_3^- είναι οι μεγαλύτερες της περιόδου. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κατιόντα Ca^{++} και K^+ παρατηρείται στη γεώτρηση ΜΣ5 που βρίσκεται και αυτή στην περιοχή του Σιδηροχωρίου, ενώ οι γεωτρήσεις ΜΚ2 και ΜΠΛ3 έχουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε HCO_3^- , Cl^- και Mg^{++} αντίστοιχα.
- Από την υδροχημική μελέτη για την περίοδο δειγματοληψίας του Ιουνίου 2006 προέκυψε ότι η γεώτρηση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της ολικής σκληρότητας είναι πάλι η ΜΣ3, η οποία έχει και τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε ιόντα Na^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^- και NO_3^- . Τη μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης Ca^{++} και K^+ την έχει η γεώτρηση ΜΣ5, ενώ τη μεγαλύτερη συγκέντρωση Mg^{++} την έχει η γεώτρηση ΜΠΛ3 η οποία βρίσκεται στην περιοχή Πλατανότοπος.
- Από την υδροχημική μελέτη διαπιστώνεται ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών και για τις δύο περιόδους (Ιούνιο 2005 & Ιούνιο 2006) παρατηρούνται στο Σιδηροχώρι (γεώτρηση ΜΣ3), στη Μουσθένη (γεώτρηση ΜΜ5) και στο Χρυσόκαστρο (γεώτρηση ΜΧ1). Διαπιστώνεται δηλαδή πως σε αυτές τις περιοχές οι αυξημένες τιμές των νιτρικών οφείλονται στη γεωργική εκμετάλλευση των εδαφών και τη χρήση λιπασμάτων. Αντίθετα οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στον Πλατανότοπο (γεώτρηση ΜΠΛ14), στα Δωμάτια (γεώτρηση ΜΔ3) και στην τοποθεσία Μαρμαρά κάμπος (γεώτρηση ΜΚ2).
- Οι υδροχημικοί τύποι των νερών της περιοχής σύμφωνα με το τριγραμμικό διάγραμμα Piper είναι ασβεστο-μαγνησιούχα οξυ-ανθρακικά.
- Με βάση τα διαγράμματα Schoeller που εφαρμόσαμε για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας καταλήξαμε πως τα νερά της περιοχής προέρχονται από γλυκούς υδροφόρους και η επίδραση της θάλασσας σε αυτούς είναι αμελητέα.

Από την υδροχημική μελέτη προκύπτει, ότι τα υπόγεια νερά της περιοχής κρίνονται κατάλληλα για ύδρευση και άρδευση. Εξαίρεση αποτελούν οι γεωτρήσεις ΜΣ3, ΜΣ5 και ΜΜ5 οι οποίες κρίνονται ακατάλληλες για ύδρευση, διότι τα νιτρικά ιόντα ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης που είναι τα 50 mg/lit το οποίο οφείλεται στην εντατική χρήση λιπασμάτων στη γεωργία.

Η εφαρμογή του κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής θα συμβάλλει στην προστασία της ποιότητας των υπόγειων νερών από τη νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης. Επιπλέον, πρέπει να εφαρμοσθεί μια συστηματική και συνεχής παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων νερών σε επιλεγμένες γεωτρήσεις. Τέλος, πρέπει να εφαρμοσθεί μια ορθολογική συνδιαχείριση επιφανειακών και υπόγειων νερών, για να εξασφαλισθεί η βιωσιμότητα των υδροφόρων συστημάτων στην Πιερία λεκάνη.

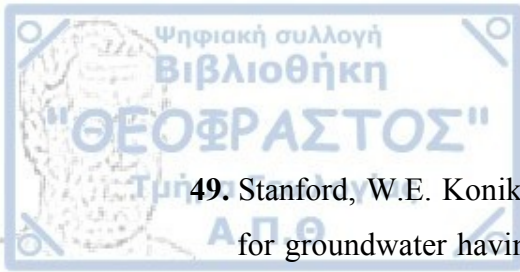
1. Βουδούρης, Κ., (2006-2007). Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
2. Δημόπουλος, Γ., (1978).Περί του σχηματισμού των υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης μεταξύ των ορέων Παγγαίου-Συμβόλου (Πιέρια λεκάνη), Διδακτορική διατριβή, Φυσικομαθηματική σχολή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ.1-39.
3. Δημόπουλος, Γ., (1983). Εφαρμοσμένη Γεωλογία, τόμος 1^{ος} , Υδρογεωλογία, Θεσσαλονίκη, σελ. 248.
4. Δημόπουλος, Γ., Μυριούνης, Χ., Μάττας, Χ.,(2008). Συμβολή στη διερεύνηση των μηχανισμών γένεσης της αλμυρότητας των νερών της Πικρολίμνης, Κεντρική Μακεδονία, Τιμητικός τόμος για τον καθηγητή Χ. Τζιμοπουλο, Τ.Α.Τ.Μ. , Θεσσαλονίκη, σελ. 14.
5. Καλλέργης, Γ., (1986). Εφαρμοσμένη υδρογεωλογία, τόμος Α,Β, Τ.Ε.Ε., Αθήνα.
6. Καλλέργης, Γ.,(2001).Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, 2^η έκδοση, τόμος Α, Β, Γ, Τ.Ε.Ε., Αθήνα.
7. Καλλιώρας, Α., (2007). Διαχείριση υπόγειων υδατικών πόρων σε υδροφόρους που υπόκεινται σε καθεστώς θαλάσσιας διείσδυσης. Η περίπτωση του Δυτικού παρακτίου τμήματος του Νομού Ροδόπης, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δ.Π.Θ., Ξάνθη, σελ. 280.
8. Λαμπράκης, Ν., (1994). Εισαγωγή στην Υδροχημεία, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα.
9. Μανάκος, Α., Τσιούμας, Β., Τασιός, Ν., Ζόραπας, Β.,(2006). Υδρογεωλογική μελέτη και μέτρα προστασίας του καρστικού υδροφόρου συστήματος της πηγής Μάνα Πορταριάς Πηλίου, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
10. Μουντράκης, Δ.,(1985), Γεωλογία της Ελλάδος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ.21-22,27-34.
11. Μυριούνης, Χ.,(2008). Υδρογεωλογική και Υδροχημική διερεύνηση των υπόγειων νερών της παράκτιας ζώνης της υδρολογικής λεκάνης Αλμυρού Μαγνησίας, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.
12. Πανίλας, Σ.,(1998). Υδρογεωλογικά προβλήματα κατά την εκμετάλλευση Λιγνιτικών κοιτασμάτων με τη μέθοδο της ανοιχτής εκσκαφής. Η περίπτωση

του λιγνιτικού κοιτάσματος Δράμας, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ. 209.

13. Σούλιος, Γ.,(2006). Γενική Υδρογεωλογία, τέταρτος τόμος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 22-31, 81-83, 87-94.
14. Τσιρογιάννη, Μ.,(2007). Υδροχημικά στοιχεία υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής Στυλίδας του Νομού Φθιώτιδας, Διατριβή ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.
15. Adams S., Titus, R., Pietersen, K., Tredoux, G., Harris, C., (2001). Hydrochemical characteristics of aquifer near Sutherland in the Western Karoo, South Africa, Journal of Hydrology, 241, pp. 91-103.
16. Aschenbrenner, F., Richter, G.M., Richter, J. ,(1992). Modelling groundwater quality in an agriculturally used water catchment, Environ. Geol. Water Sci. 20, pp. 43-55.
17. Back, W.,(1986). Geologic significance of the groundwater mixing zone associated with seawater intrusion, 5th Int. Symp. Water – Rock Interaction, Reykjavic, Iceland, pp. 25-28.
18. Boncef, F.,(1936). Versuch einer tektonische Synthese Westbulgariens, Geol. Balk., 2, 1, Sofia.
19. Cander, L.W.,(1997). Nitrates in groundwater, Boca Raton, CRC Press, Inc., pp. 263.
20. Castany, G.,(1968). « Prospection et. Exploitation des eaux souterraines», Dunod Paris, p. 718.
21. Custodio, E.,(1987). Hydrochemistry and tracers in Groundwater problems in coastal areas: Studies and reports in hydrology No 45, UNESCO, pp.213-269.
22. Custodio, E., Bruggenman, G.A., Cotecchia, V.,(1987). Groundwater problemsn in coastal areas, Studies and Reports in Hydrology, 35, pp. 213-269.
23. Custodio, E.,(1997). Studying monitoring and controlling seawater intrusion in coastal aquifers, In Guidelines for Study, Monitoring and Control, FAO Water Reports, No 11, pp. 7-23.
24. Custodio, E., Lamas, M.R.,(1976). Hidrologia Subterranea, 2 vols, Ed. Omega, Barcelona.

25. Dazy, J., Droque, C., Charmanidis, Ph., Darlet, Ch.,(1995). The influence of marine inflows on the chemical composition of groundwater in small islands : the example of the Cyclades (Greece), *Environmental Geology*, 31 (3/4), pp. 133-141.
26. Dimitrov, Str.,(1955). Kurze Übersicht der metamorphen Komplexe in Bulgarien, Freib. Forschungsh, C 57, Berlin.
27. Flick, H., Guade, H., Stache, G. A., Wellmer, F.W.,(1972). Einführung in die tektonischen Arbeitsmethoden, Clausthaler tektonische Hefte, 12.
28. Freeze, R.A., Cherry, J.A.,(1979). Groundwater, Pentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 604.
29. Goldberg, L.C., Melloul, A.G.,(1994). Hydrological and chemical management in the rehabilitation of an aquifer, *Environmental Management*, 42, pp. 247-260.
30. Hanor, J.S.,(1978). Precipitation of beachrock cements-mixing of marine and meteoric waters v.s. CO₂ degassing, *J. Sed Petrology*, 48 (2), pp.489-501.
31. Janicevski, A.,(1946). Über die Geologie der Stradca – Planina, Jb. Dir. Geol. Montan. Unters. Bulg. Ser. A.,4, Sofia.
32. Kim, J., Kim, R., Lee, J., Chang, H.,(2003). Hydrogeochemical characterization of major factors affecting the quality of shallow groundwater in the coastal area at Kimje in South Korea, *Environmental Geology*, 44, pp. 478-489.
33. Kronberg, P.,(1966). Petrographie und Tektonik im Rhodopen- Kristallin des Tsal- Dag Simvolon und Ost-Pangaon (Griechisch – Makedonien), N. Jb. Geol. Palaont., Mh., 7, Stuttgart.
34. Kronberg, P.,(1967). Zur Anwendung photogeologischer Methoden in Kristallin Gebieten, N. Jb. Geol. Palaont. Abh., 129, Stuttgart.
35. Kronberg, P.,(1969). Gliederung, Petrographie und Tektogenese des Rhodopen – Kristallins im Tsal Dag, Simvolon und Ost- Pangaon (Griechisch – Makedonien), *Geotekt. Forsch.* 31, 1-3, Stuttgart.
36. Laftouhi, E., Marnik, V., Jalal, M., Witam, O., Aboufirassi, M., Bahir, M., Persoons, E.,(2003). Groundwater nitrate pollution in the Essaouira Basin (Morocco), *C. R. Geoscience*, 335, pp. 307-317.

37. Leboeuf, P.,(2004). Seawater intrusion and associated processing a small coastal complex aquifer (Castell de Ferro, Spain), Applied Geochemistry , 19, pp. 1517-1527.
38. Leonard, A., Ward, P.,(1962). Use of Na/Cl ratios to distinguish of oil-field from salt-spring brines in Western Oklahoma. Geological Survey Professional Paper 450-B, pp.B126-B127.
39. Maratos, G. & Andronopoulos, B.(1965). Nouvelles donnees sur l' age des phyllites u Rhodope, Bull. geol. Soc. Grece, 6, No 1, Athen.
40. Martinez , D.E., Bocanerga E.M.,(2002). Hydrochemistry and cation – exchange process in the coastal aquifer of Mar Del Plata, Argentina, Hydrogeology Journal, 10, pp. 393-408.
41. Morse J.W., Mackenzie, F.T., (1990). Geochemistry of sedimentary carbonates, Developments in Sentimentology, 48, Elsevier, pp. 707.
42. Payne, W.J., (1981). Denitrification, John Wiley, New York, pp. 214.
43. Perez, M.J., Antiguedad, I., Arrate, I., Garcia – Linares, C., Morreld, I., (2003). The influence of nitrate leaching through unsaturated soil on groundwater pollution in an agricultural area of Basque country: a case study, the Science of the Total Environment.
44. Piper, M.,(1994). « A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis», Trans. Amer. Geophysical Union, V.25, p.914-928.
45. Porta, J., Lopez- Acevedo, M., Roquero, C.,(1996). Edafologia para la Aricultura y el Medio Ambiente, Mundi – Presa, Madrid.
46. Richter, B., Kreitler, C.,(1993). Geochemical techniques for identifying sources of ground-water salinization , Library of Congress, Cataliging in Publication data, CRC Press, pp. 257.
47. Schoeller, H.,(1955). Geochimie des eaux souterraines. Application aux eaux des gisements de petrole , Revue de l'Institute Français du Patrole et Annales de Combustibles Liquides, Paris, V.10, p. 230-244
48. Schoeller, H.,(1975). Le chimisme des eaux souterraines, Atti 3 Converno Internazionale delle Acque Sotterranee, International Association of Hydrogeology, Palermo.



49. Stanford, W.E. Konikow, L.F.,(1989). A two constituent solute transport model for groundwater having variable density, U.S. Geol. Survey Water Resour. Inv. 85-4279.
50. Stenich, B., Escolero, O., Martin, L.,(1996). Salt-water intrusion and nitrate contamination in the Valley of Hermosillo and El Sehuaral coastal aquifers, Sonora, Mexico, Hydrogeology Journal, (6), pp. 518-526.
51. Todd, D.K.,(1959). Sea water intrusion in coastal aquifers, Am. Geophys. Union Trans., 34, pp.749-754.
52. Trikkalinos, J.K., (1955). Uber das Alter der vortertiaren Schichten des Gebietes von Alexandroupolis – Didymotichon – West Thrazien, Ann. Geol. Payshell, 1Ser., 6, Athens.