



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΤΗΣ ΠΙΕΡΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΒΑΛΑΣ



Διπλωματική Εργασία της
Κουσουρή Ειρήνης 3722
&
Μπαμπατσάνη Αναστασίας 3741

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΣΟΥΛΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Θεσσαλονίκη 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	3
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.....	4
1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ.....	6
1.2.Α Νεότεροι σχηματισμοί.....	6
1.2.Β Κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα.....	8
1.2.Γ Πυριγενή πετρώματα.....	9
2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ.....	11
2.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ RPIPER.....	39
2.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΔΕΙΚΤΗ SAR.....	41
2.3 ΙΟΝΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ.....	43
2.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ.....	46
3. ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ.....	50
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2005

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2006

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΙΟΝΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ 2005

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΙΟΝΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ 2006

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΟΙ ΣΤΑΘΜΕΣ ΣΕ ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ
ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τον Νοέμβριο του 2005 μας ανατέθηκε η παρουσία διπλωματική εργασία με σκοπό την μελέτη της ποιότητας του νερού και της πιεζομετρίας του υδροφόρου ορίζοντα της Πιέριας λεκάνης Καβάλας. Στην περιοχή επιλέχθηκαν 29 γεωτρήσεις από τις οποίες έγινε δειγματοληψία νερού καθώς και μετρήσεις στάθμεων. Η επεξεργασία των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο του τομέα Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Από αυτή την θέση θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Σούλιο Γεώργιο για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε με την ανάθεση της παρούσας μελέτης στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής μας εργασίας, γιατί μας έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθούμε με ένα θέμα που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για εμάς. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Κακλή Τριαντάφυλλο για την πολύτιμη βοήθεια του τόσο κατά την διάρκεια των χημικών αναλύσεων όσο και των μετρήσεων που πραγματοποιήσαμε στο ύπαιθρο.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Η Πιερία λεκάνη ανήκει στο δήμο Πιερέων ο οποίος βρίσκεται 30χλμ δυτικά της πόλης της Καβάλας. Είναι ένας από τους συνολικά έντεκα δήμους του νομού Καβάλας και αποτελείται από οκτώ δημοτικά διαμερίσματα. Ο πληθυσμός του δήμου σύμφωνα με την απογραφή του 2001 είναι 5.002 κάτοικοι (Βικιπαιδεια, Δήμος Πιερέων, 2008). Όλη η έκταση του δήμου είναι ορεινή και ημιορεινή.

Πιο συγκεκριμένα η λεκάνη βρίσκεται μεταξύ του Παγγαίου όρους, το οποίο είναι το φυσικό όριο της λεκάνης στο βόρειο τμήμα της, και του Συμβόλου όρους που περικλείει αντίστοιχα την λεκάνη νότια. Τμήμα του ποταμού Μαρμαρά διασχίζει την Πιερία λεκάνη αλλά και αποχετεύει τα νερά της. Ο ποταμός Μαρμαράς σε όλο του το μήκος διασχίζει μια λεκάνη έκτασης 234km^2 . Στην Πιερία λεκάνη ο ποταμός Μαρμαράς τροφοδοτείται από τους χειμάρρους του Ποδοχωρίου, της Μεσορόπης, της Μουσθένης, του Πλατανότοπου και των Δωματίων (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Παραγωγικοί κλάδοι).

Το μεγαλύτερο μέρος των υδατικών πόρων καταναλώνεται στην γεωργία, στην κτηνοτροφία και στην ύδρευση, με την κατανάλωση για την γεωργία να είναι η μεγαλύτερη. Η γεωργία αποτελεί τον πιο σημαντικό κλάδο της οικονομικής δραστηριότητας της περιοχής. Οι περισσότερες καλλιέργειες είναι αρδευόμενες, οι αμπελοκαλλιέργειες και οι δεντροκαλλιέργειες κατέχουν ένα σημαντικό και συνεχώς αυξανόμενο ποσοστό των συνολικών καλλιεργειών της μελετώμενης λεκάνης (Δήμος Πιερέων Νομού Καβάλας, 2000).

Πληροφορίες για το κλίμα της ευρύτερης περιοχής δυτικής Καβάλας δίνουν τα εξής στοιχεία : το εύρος της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του έτους φτάνει τους 21⁰C, η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 14,5⁰C έως 16,0⁰C. Το μέσο ετήσιο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων αγγίζει τα 675mm. (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2003)

1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η Πιερία λεκάνη βρίσκεται μέσα στα όρια της ζώνης Ροδόπης και συγκεκριμένα στο νοτιοανατολικό άκρο της. Η ολοκληρωμένη μελέτη της μάζας της Ροδόπης και η οριστική γεωλογική τοποθέτηση της είναι δύσκολη διότι στην περιοχή υπάρχει έλλειψη σαφούς στρωματογραφίας και γενικότερα ιζηματογενών πετρωμάτων. Έτσι οι περισσότερες έρευνες περιστράφηκαν γύρω από την λιθολογική εξέλιξη του κρυσταλλοσχιστώδους καθώς τα κρυσταλλοσχιστώδη και τα πυριγενή πετρώματα είναι τα αφθονότερα στην περιοχή.

Η περιοχή που βρίσκεται ανατολικά του Στρυμόνα δεν ανήκει στην παλιά καθαυτό μάζα της Ροδόπης που πτυχώθηκε και μεταμορφώθηκε κατά τον Παλαιοζωικό αιώνα αλλά είναι υλικά που συγκολλήθηκαν στον παλιό μεταμορφωμένο πυρήνα της Ροδόπης κατά την Αλπική ορογένεση . Τα τμήματα αυτά της Ροδόπης έχουν υποστεί την μεταμόρφωση και την πτύχωση τους κατά την Αλπική ορογένεση και συνδέονται με τον έντονο πλουτωνισμό της περιοχής. (Μουντρακης, 1985)

A. Οι νεότεροι σχηματισμοί

Οι πιο πρόσφατοι σχηματισμοί της λεκάνης είναι από το τεταρτογενές και το ολόκαινο. Οι αποθέσεις αυτές αντιπροσωπεύονται στην λεκάνη από σχηματισμούς ποταμοχερσαίας φάσης. Κυρίως συναντάμε ογκόλιθους, χαλαρά κροκαλοπαγή, κροκάλες, λεπτοκοκκώδες υλικό και ερυθρούς αργίλους. Ανάμεσα στις τεταρτογενείς-ολοκαινικές αποθέσεις διακρίνονται τρεις κύριοι τύποι: οι χαλαρές αποθέσεις κροκαλών

στο βόρειο περιθώριο της λεκάνης προς τα μάρμαρα, πλευρικοί σχηματισμοί, δηλαδή πλευρικά κορρήματα με ή χωρίς πηλό που έχουν μεταφερθεί από τα τρεχούμενα νερά και τέλος οι κώνοι ποταμοχειμάρων αποθέσεων που έχουν πολύ μεγάλες διαστάσεις και συναντώνται κατά μήκος του βόρειου περιθωρίου της λεκάνης στην βάση του Παγγαίου. Ο πιο τυπικός και πιο μεγάλος κώνος ποτάμιων αποθέσεων είναι αυτός του Ποδοχωρίου.

Όλα τα λοφώδη μέρη νοτιοδυτικά του Ποδοχωρίου αποτελούνται από πλειστοκαινικά ιζήματα, όπου βρίσκονται τοφνώδεις ασβεστόλιθοι που περιέχουν διάφορα ασβεστοφύκη και προέρχονται από υφάλμυρα ή και γλυκά νερά. Στο κατώτερο τεταρτογενές η θάλασσα αρχίζει να εισέρχεται σε διάφορα τμήματα της λεκάνης και έτσι συναντώνται θαλάσσια υλικά όπως άμμοι, ψαμμίτες, άργιλοι, κροκαλοπαγή και τοφνώδεις ασβεστόλιθοι. Επίσης υπάρχουν σχηματισμοί που προέρχονται από χείμαρρους και αποτελούνται από ψαμμιτικές μάργες, πηλούς, ψαμμίτες, άμμους και κροκαλοπαγή. Μέσα στα θαλασσινά του Τεταρτογενούς παρουσιάζονται κάποια στρώματα υφάλμυρης φάσης που δείχνουν ότι υπήρχαν κάποιες ανοδικές κινήσεις που διέκοπταν την επικοινωνία με την θάλασσα.

Νεογενείς σχηματισμούς δεν συναντούμε πουθενά στην λεκάνη. Αυτό συμβαίνει είτε γιατί καλύπτονται από τα πλειστοκαινικά στρώματα στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης, είτε γιατί δεν σχηματίστηκαν καθόλου νεογενή στρώματα θαλάσσιας ή χερσαίας φάσης, όμως την ίδια περίοδο σχηματίστηκαν συμπαγή λατυποπαγή στην χέρσο που αποτελείτε από κροκάλες και λατύπες μαρμάρου και ασβεστιτική συνδετική ύλη. (Δημόπουλος 1978)

B. Κρυσταλοσχιστώδη πετρώματα

Αποτελείται από μάρμαρα, γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και πράσινους σχιστόλιθους. Η κατακόρυφη φασική μεταβολή των αρχικών ιζηματογενών πετρωμάτων φαίνεται από την στρωματοειδή διαδοχική σειρά των παραπάνω μεταμορφωμένων πετρωμάτων.

Μάρμαρα

Στρωματοειδή πτυχωμένα ή συμπαγή, λευκά μάρμαρα τα οποία θεωρείτε ότι προέρχονται από υφαλογενή ασβεστόλιθο. Επίσης υπάρχουν στρωματοειδή μάρμαρα λεπτά έως παχιά, ανοιχτού ή σκούρου τεφρού χρώματος και πολλές φορές ταινιωτά μάρμαρα σε στρώματα και φακούς. Τα ταινιωτά τεφρού χρώματος μάρμαρα συναντώνται στην μεταβατική ζώνη των μαρμάρων με τους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και γνεύσιους με διάφορα ποσοστά χαλαζία, μαρμαρυγία και αλβίτη και με μέγεθος κόκκων 0.3-1mm.

Μάρμαρα και μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι

Υπάρχουν δύο ορίζοντες με εναλλαγές μαρμάρων και μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, στον ανώτερο επικρατούν τα μάρμαρα και στον κατώτερο οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι και στα δύο στρώματα υπάρχουν κατά θέσεις πλευρικές μεταβάσεις.

Πρασινοςχιστόλιθοι και αμφιβολίτες

Μια μικρή εμφάνιση στα Β-ΒΔ συναντάται υπό την μορφή φακών ενστρώσεων ή εκτεταμένων στρωμάτων στο κατώτερο μέρος της σειράς των μαρμάρων και χαρακτηρίζουν την μετάβαση από την

υποκείμενη σειρά των γνευσίων και γνευσιακών σχιστολίθων προς την υπερκείμενη σειρά των συμπαγών ασβεστόλιθων. Οι αμφιβολίες θεωρείται ότι προέρχονται από μάργες.

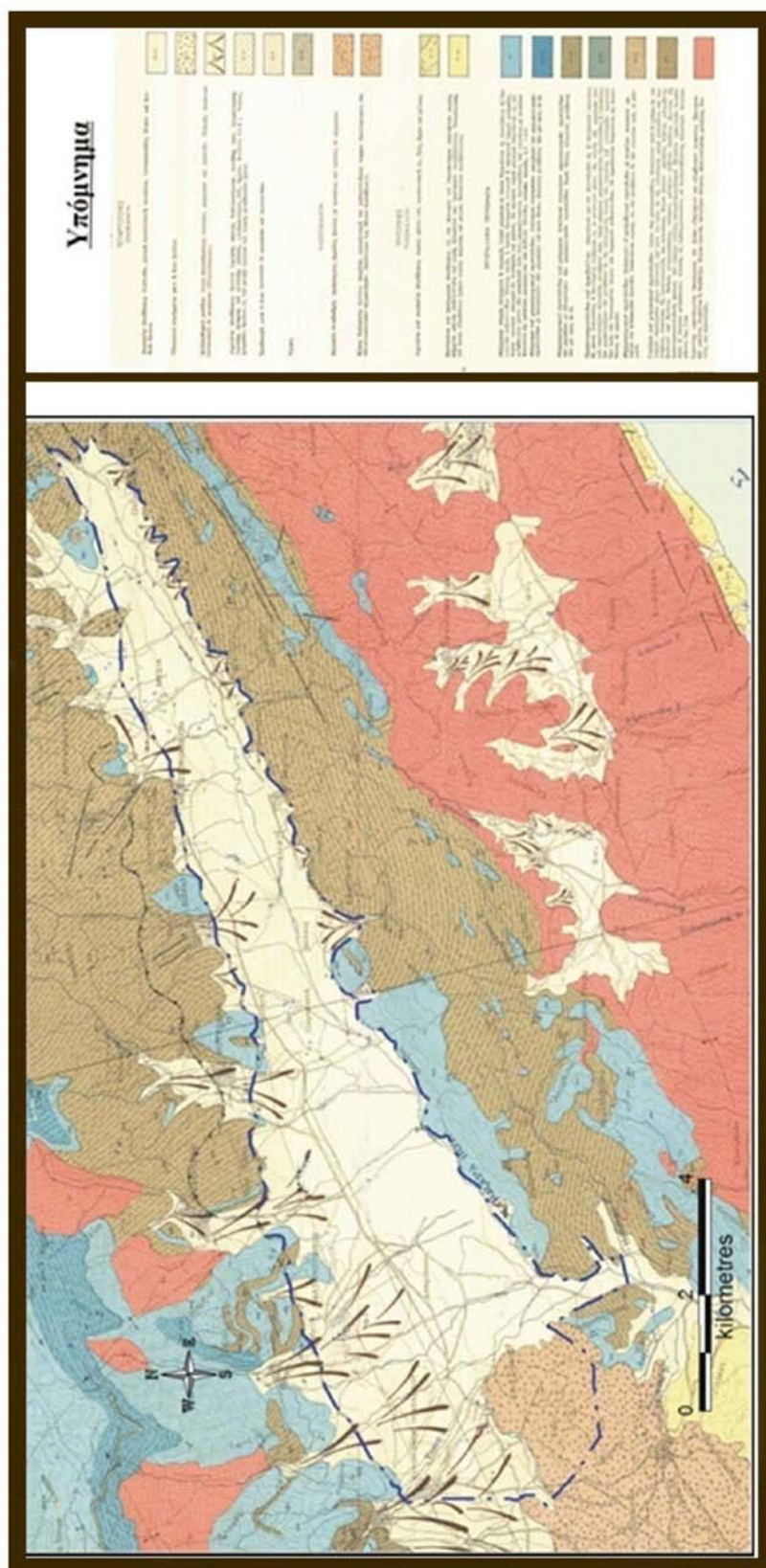
Γνεύσιοι και γνευσιακοί σχιστόλιθοι

Τα παραπάνω πετρώματα ποικίλουν κατά το χρώμα από τεφρό μέχρι καστανό, είναι από λεπτοί μέχρι μεσοκοκκώδεις και η υφή από γνευσιακή μέχρι κοκκώδης και σχιστώδης ανάλογα με την ορυκτολογική σύσταση. Τα κύρια ορυκτά τους είναι: χαλαζίας, αλβίτης, μοσχοβίτης, επίδοτο και βιοτίτης. Χαρακτηρίζονται από πρασινοσχιστολιθικής φάση μεταμόρφωσης χωρίς φαινόμενα πολυμεταμορφισμού. (Kromberg, Schenck 1974)

Γ. Πυριγενή πετρώματα

Γρανίτες

Στην περιοχή υπάρχει μια ακανόνιστη μορφή γρανοδιορίτη. Η θέση στο χώρο των πλουτωνικών σωμάτων κάτω από το Σύμβολο και το Παγγαίο όρος καταδεικνύει τον συντεκτονικό τους χαρακτήρα. Τα κύρια ορυκτά είναι καλιούχοι άστριοι, πλαγιόκλαστα, χαλαζίας, βιοτίτης και κεροσίλβη. Για την ηλικία των πλουτωνιτών υπάρχει μεγάλη διαφωνία.



1. Γεωλογικός χάρτης “Νικησιανή” ΙΓΜΕ
Kromber P. - Schenck F. P.

2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Η ποιότητα του υπογείου νερού καθορίζεται από διάφορα χαρακτηριστικά του όπως: τα φυσικά χαρακτηριστικά του, τα χημικά χαρακτηριστικά του, τα βιολογικά, καθώς και κάποιες ειδικές παραμέτρους. Αυτές οι φυσικοχημικές ιδιότητες προσδιορίζονται από την περιεκτικότητα του νερού σε διάφορα ιόντα σε διάλυση και στοιχεία σε αιώρηση. Το φυσικό νερό μπορεί να χαρακτηριστεί ως ακατάλληλο εάν κάποιες περιεκτικότητες ξεπερνούν κάποιες οριακές τιμές. (Σούλιος, 2006)

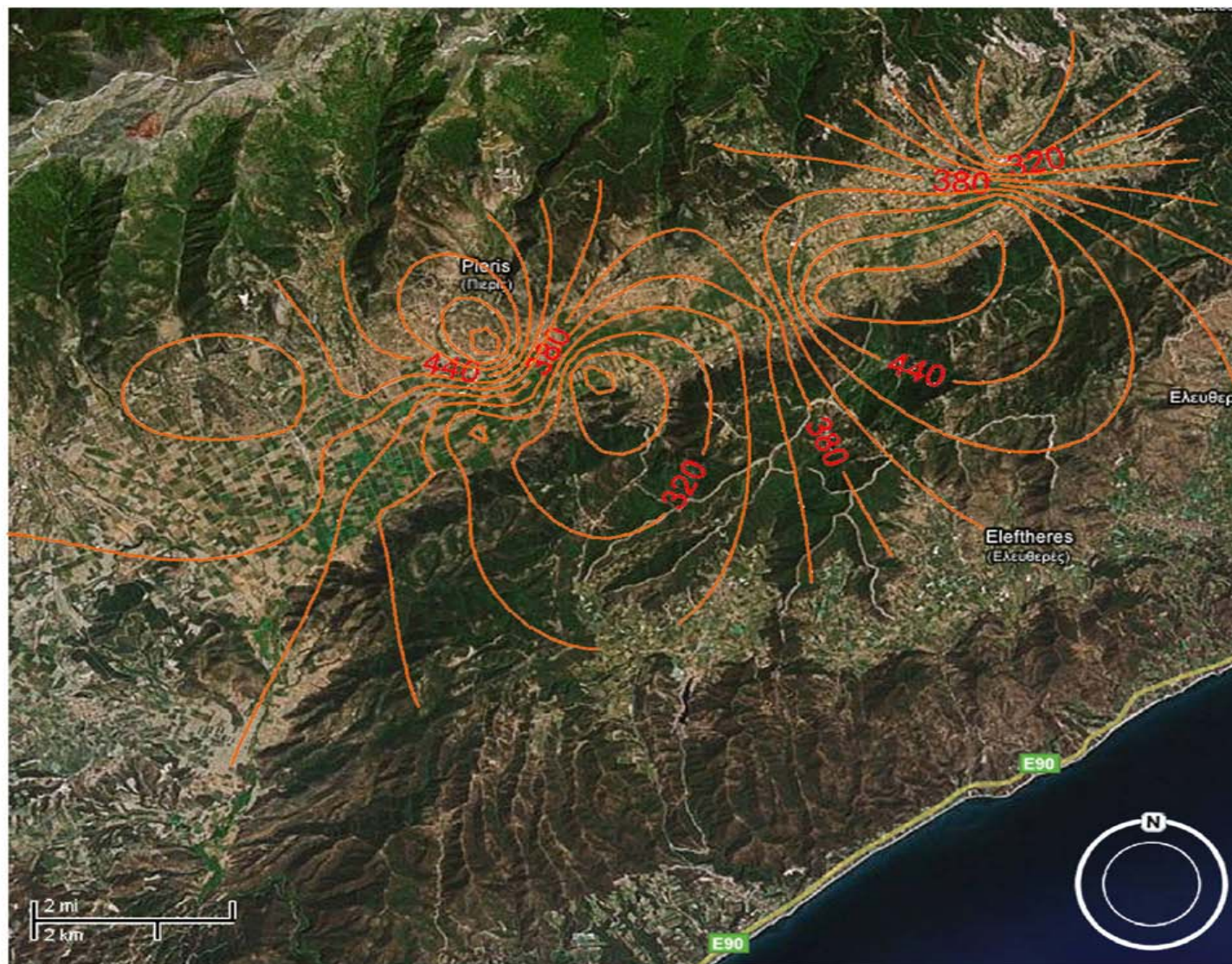
Εδώ θα μελετήσουμε φυσικά χαρακτηριστικά όπως η αγωγιμότητα, χημικά χαρακτηριστικά όπως τα ανόργανα συστατικά που υπάρχουν στο φυσικό νερό, αλλά και ειδικές παραμέτρους όπως το pH και η σκληρότητα.

Παρακάτω παρουσιάζονται θεματικοί υδροχημικοί χάρτες, του μήνα Νοεμβρίου το 2005 και το 2006, οι οποίοι δίνουν την χωρική κατανομή των διάφορων ιόντων και χαρακτηριστικών με ισοχημικές καμπύλες. Με την παρουσίαση των στοιχείων δυο διαφορετικών περιόδων πετυχαίνουμε να δείξουμε την τάση μεταβολής της χημικής ποιότητας του νερού.

Τα στοιχεία που παραθέτονται παρακάτω προέρχονται από χημικές αναλύσεις που έγιναν σύμφωνα με προκαθορισμένες πρότυπες μεθόδους που βρίσκουμε σε συνήθη εγχειρίδια.

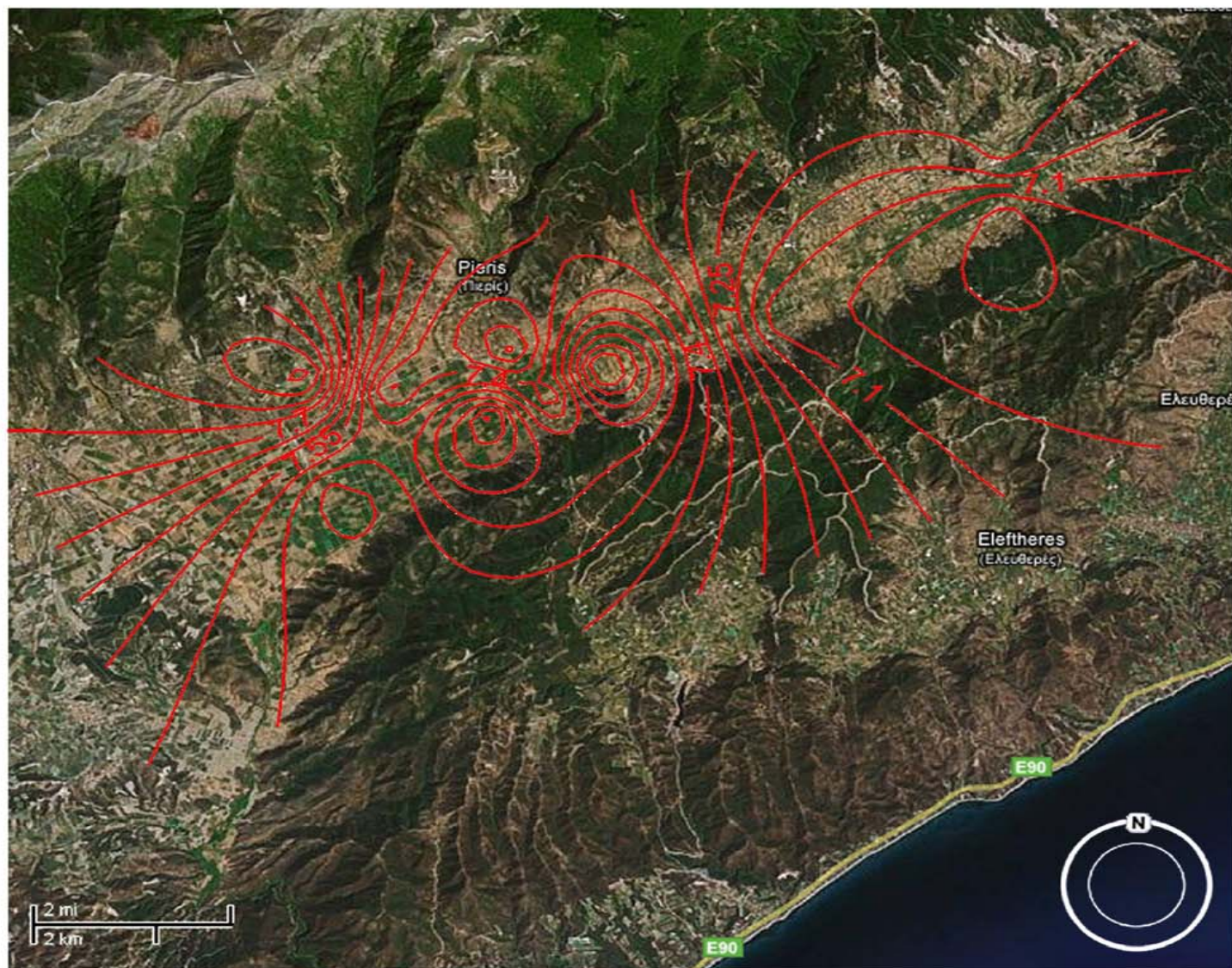
ΔΕΙΓΜΑ	Αγωγιμότητα	pH	Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl	Ολ. Σκληρ
ΜΜΣ3	312	7,73	78,8	2,93016	0,7	6,6	227	1	12,76	4,2	209
ΜΜΣ4	360	7,59	69,2	9,27884	1,1	9,2	221	5	17,16	7,3	211
ΜΠ3	415	7,38	43,6	35,16192	0,8	9,8	256	9	25,96	8,2	253
ΜΠ7 Ερ.	361	7,41	68,8	9,27884	1,1	6,1	209	3	20,24	9,9	210
ΜΜ1	270	7,81	51,6	0,48836	1,3	11,4	112	11	18,48	19,9	131
ΜΜ3	349	7,35	82,8	0,73254	0,9	8,6	217	8	16,28	7,3	210
ΜΜ6	524	7,23	71,6	8,05794	1,6	49,3	101	18	0,44	154	212
ΜΣ2	474	7,06	85,6	11,47646	1,6	19,2	272	19	16,28	18,4	261
ΜΣ4	354	7,06	72,8	1,95344	2,1	21,6	218	34	4,84	14,4	190
ΜΚ2	457	6,98	89,6	3,6627	1,7	24,2	254	15	14,08	23,7	239
ΜΑ1	263	7,21	49,2	1,46508	1,4	15,3	134	11	20,24	9,6	129
ΜΠΛ1	429	7,33	87,2	19,77858	1,2	7,9	274	24	31,68	8,6	299
ΜΠΛ5	370	7,55	85,6	1,70926	0,8	5,4	211	6	26,84	7,9	221
ΜΠΛ10	362	7,5	87,2	2,4418	1,6	8,9	242	10	14,52	5,2	228
ΜΠΛ14	384	7,93	81,6	6,59286	1,4	6,3	233	22	3,08	6,2	231

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΩΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ. **ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2005.**



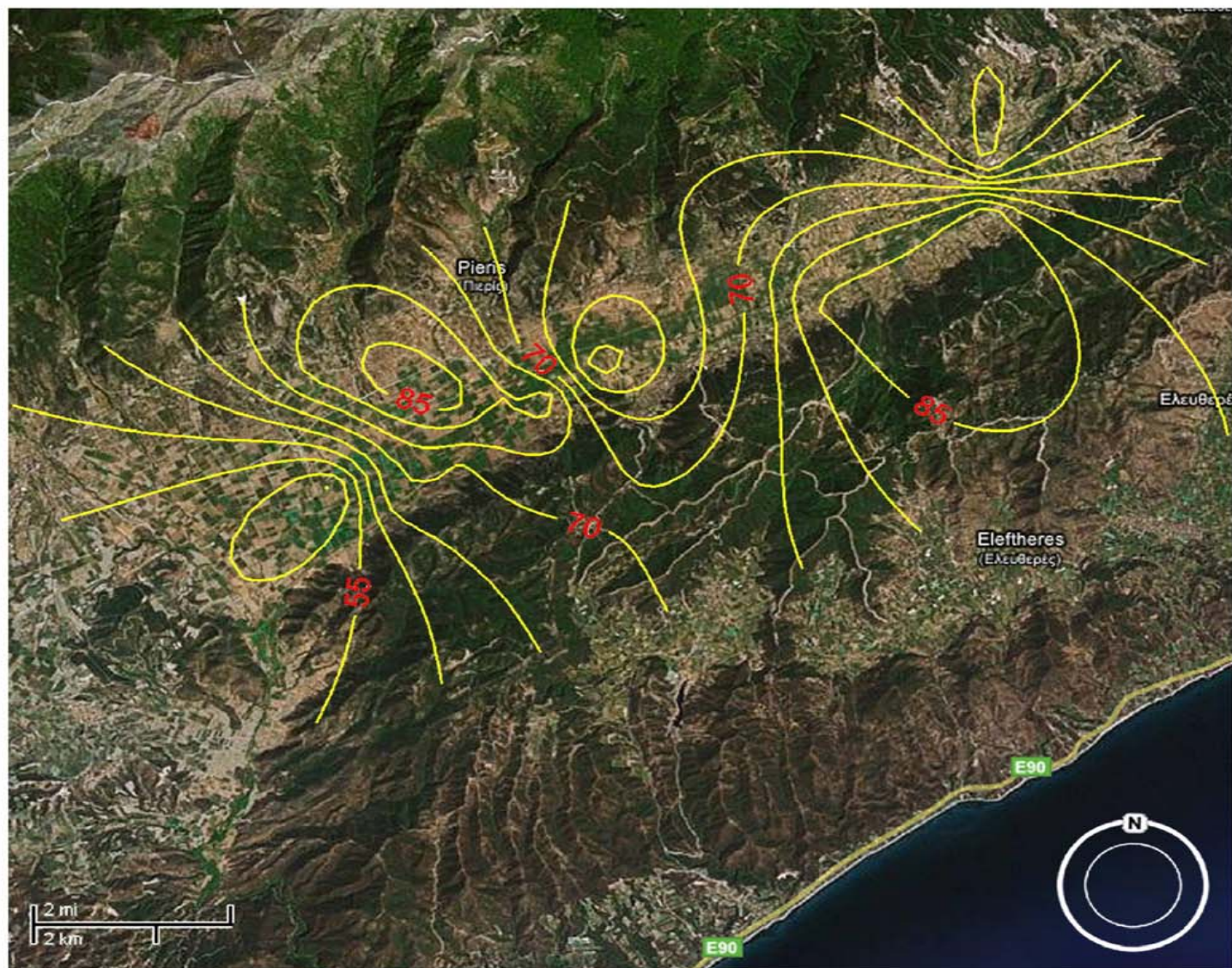
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Αγωγιμότητα

Νοέμβριος 2005



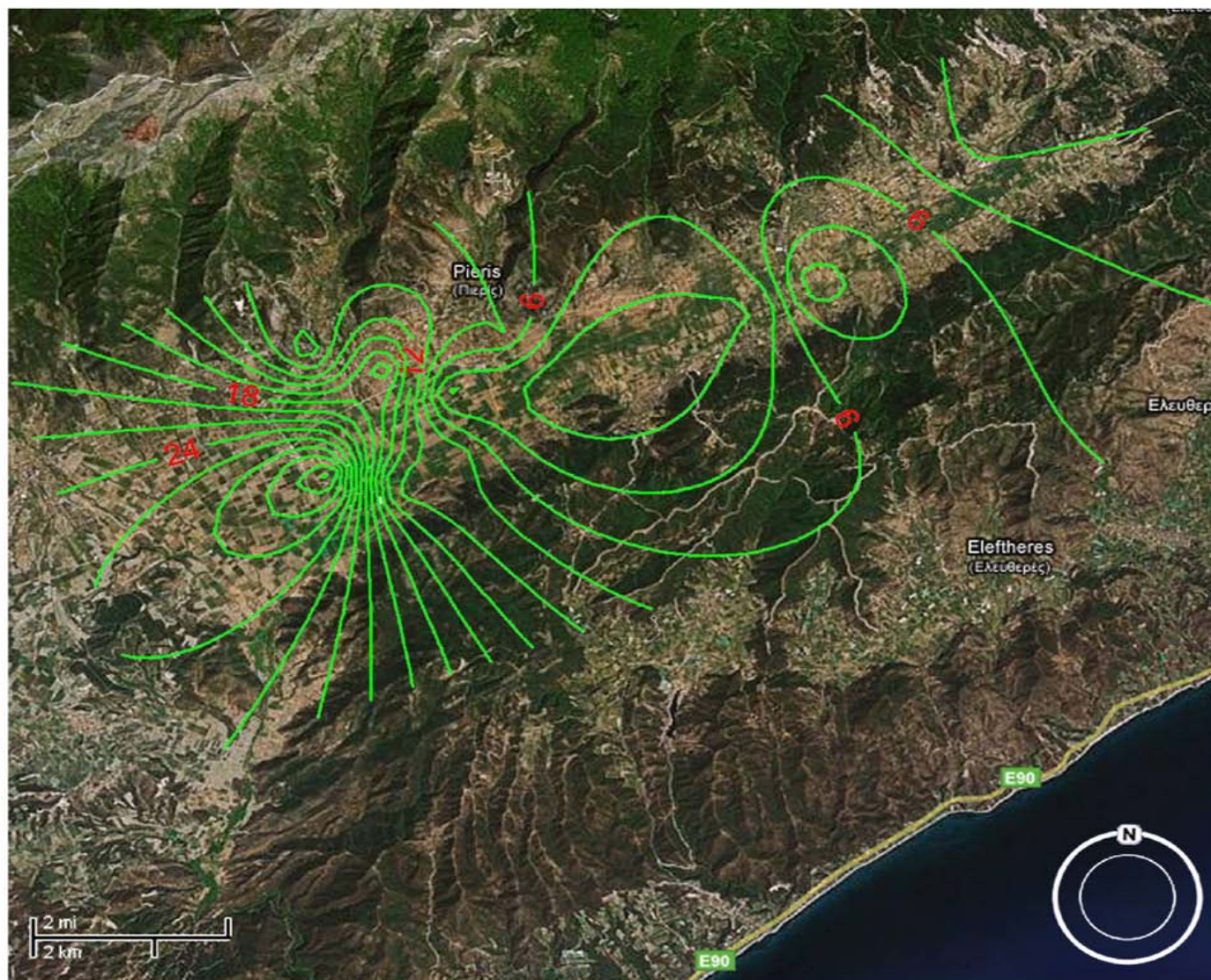
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
pH

Νοέμβριος 2005



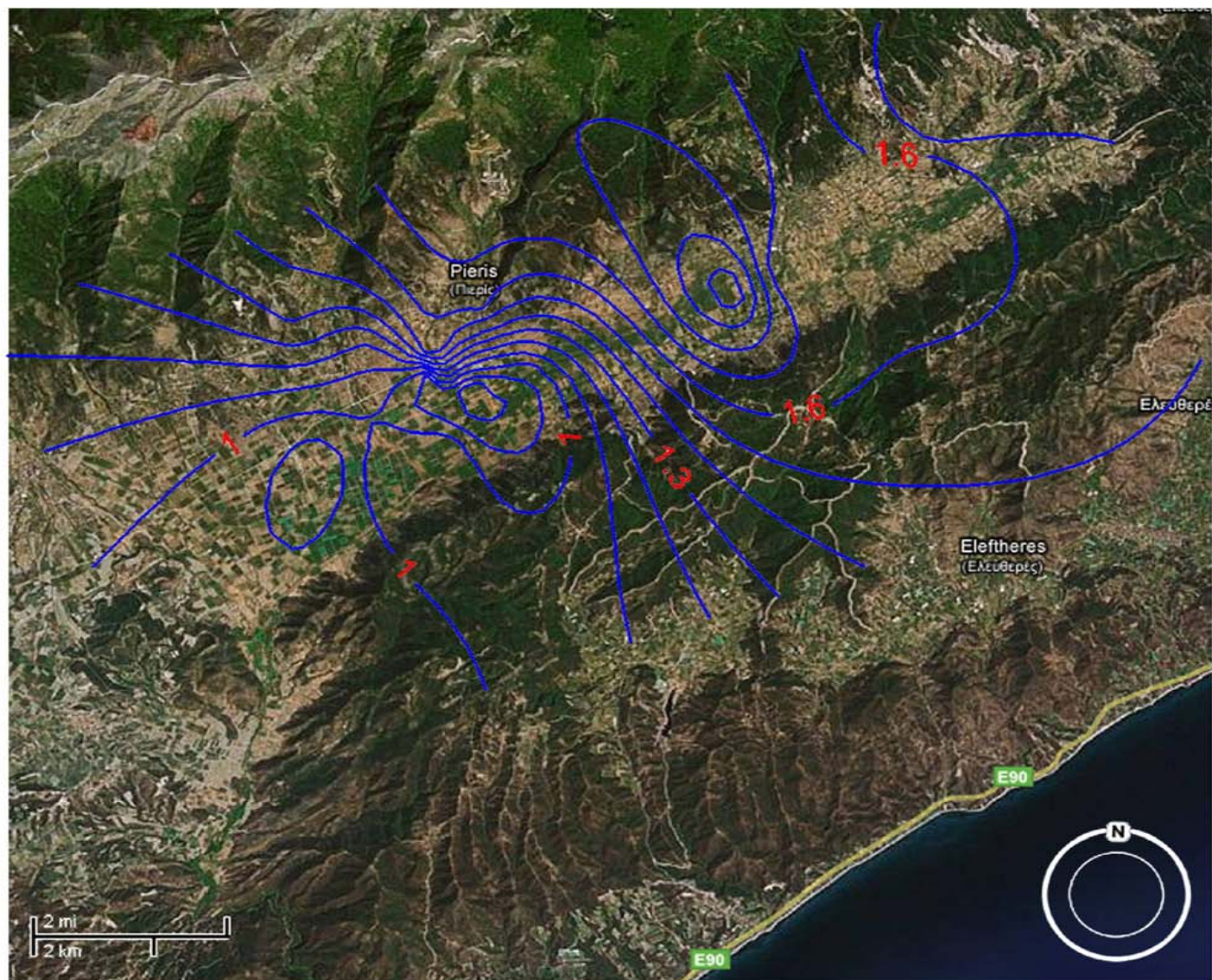
1. ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ (Ca)

Νοέμβριος 2005



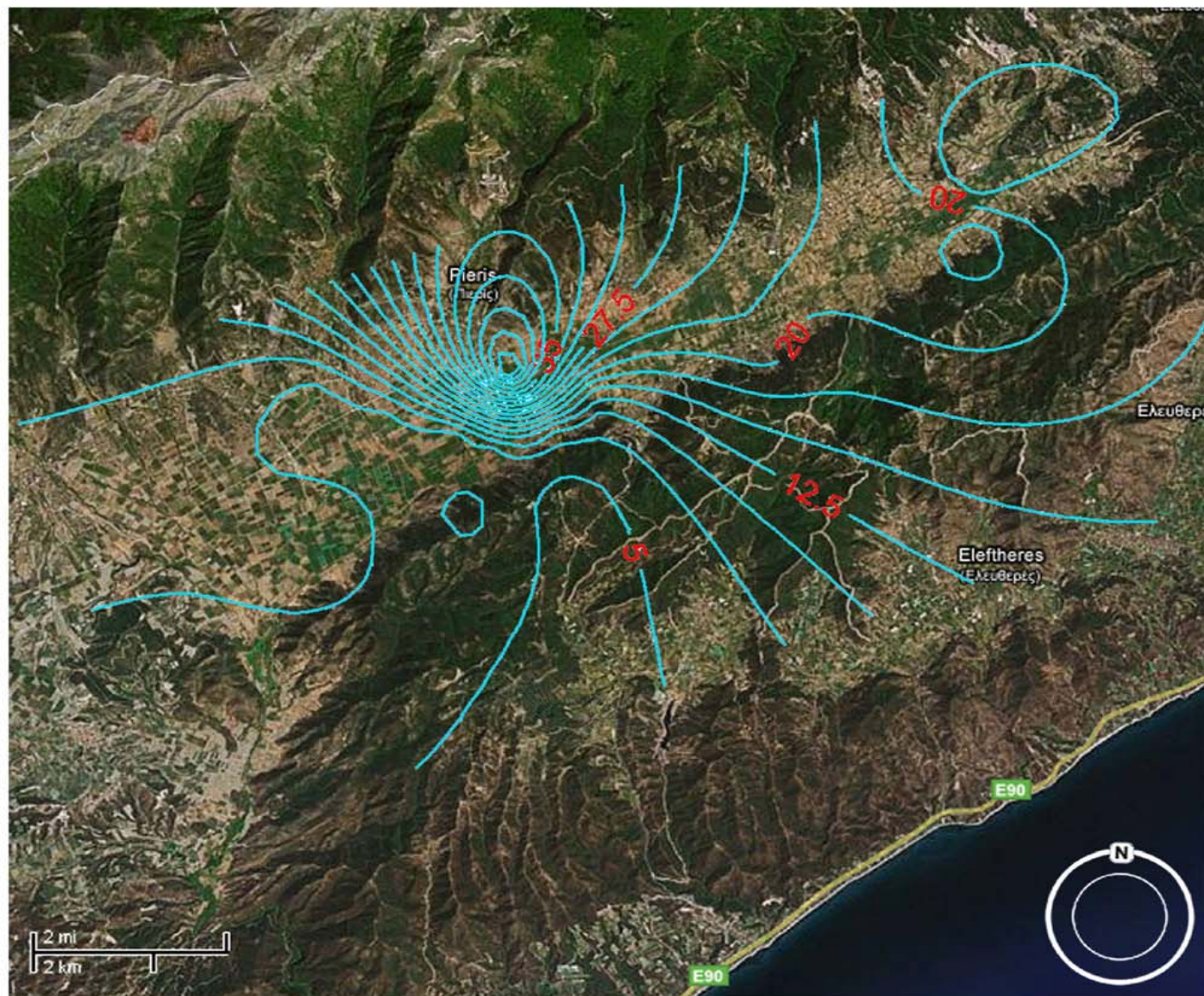
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Μαγνήσιο (Mg)

Νοέμβριος 2005



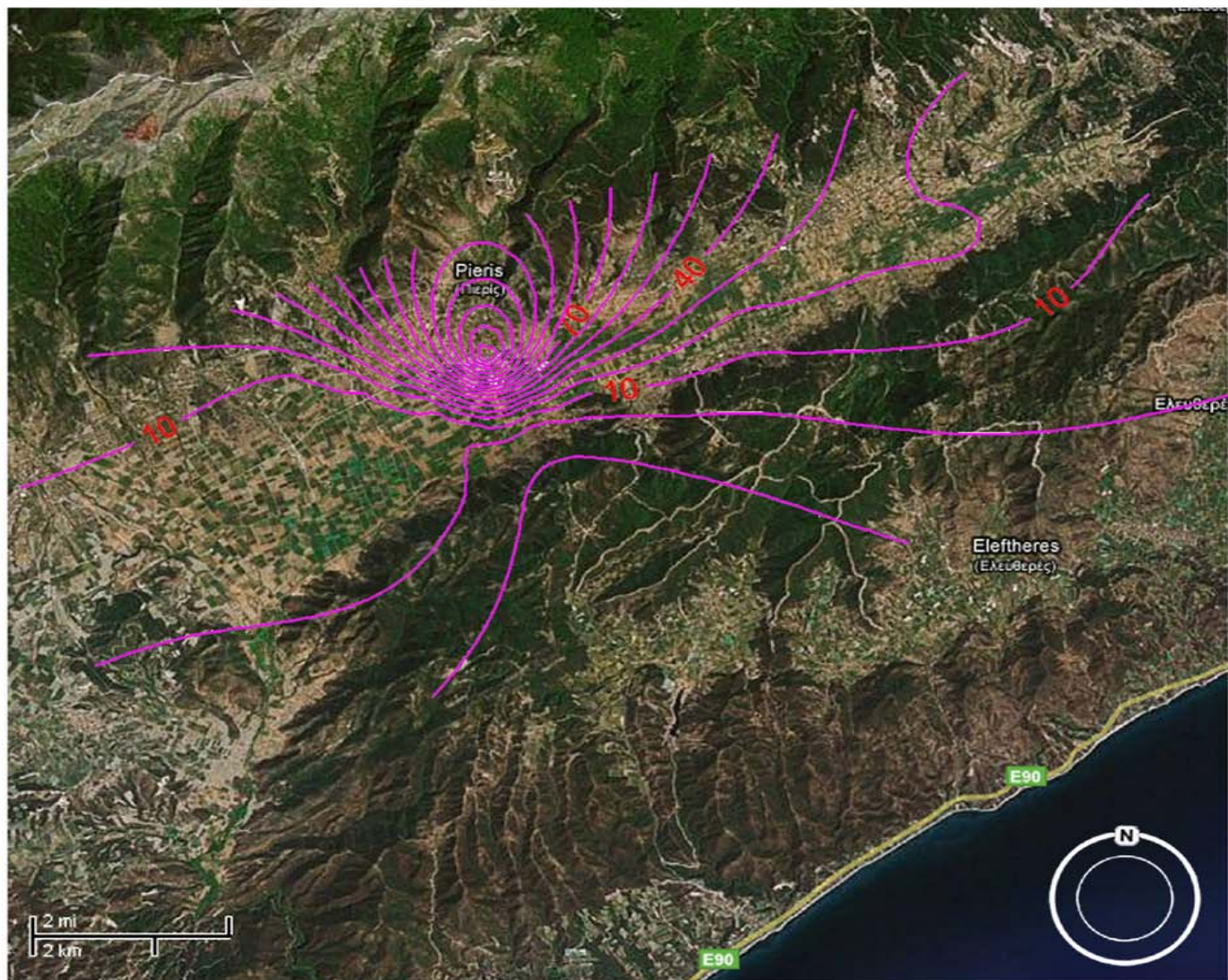
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Κάλιο (Κ)

Νοέμβριος 2005



ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Νάτριο (Na)

Νοέμβριος 2005



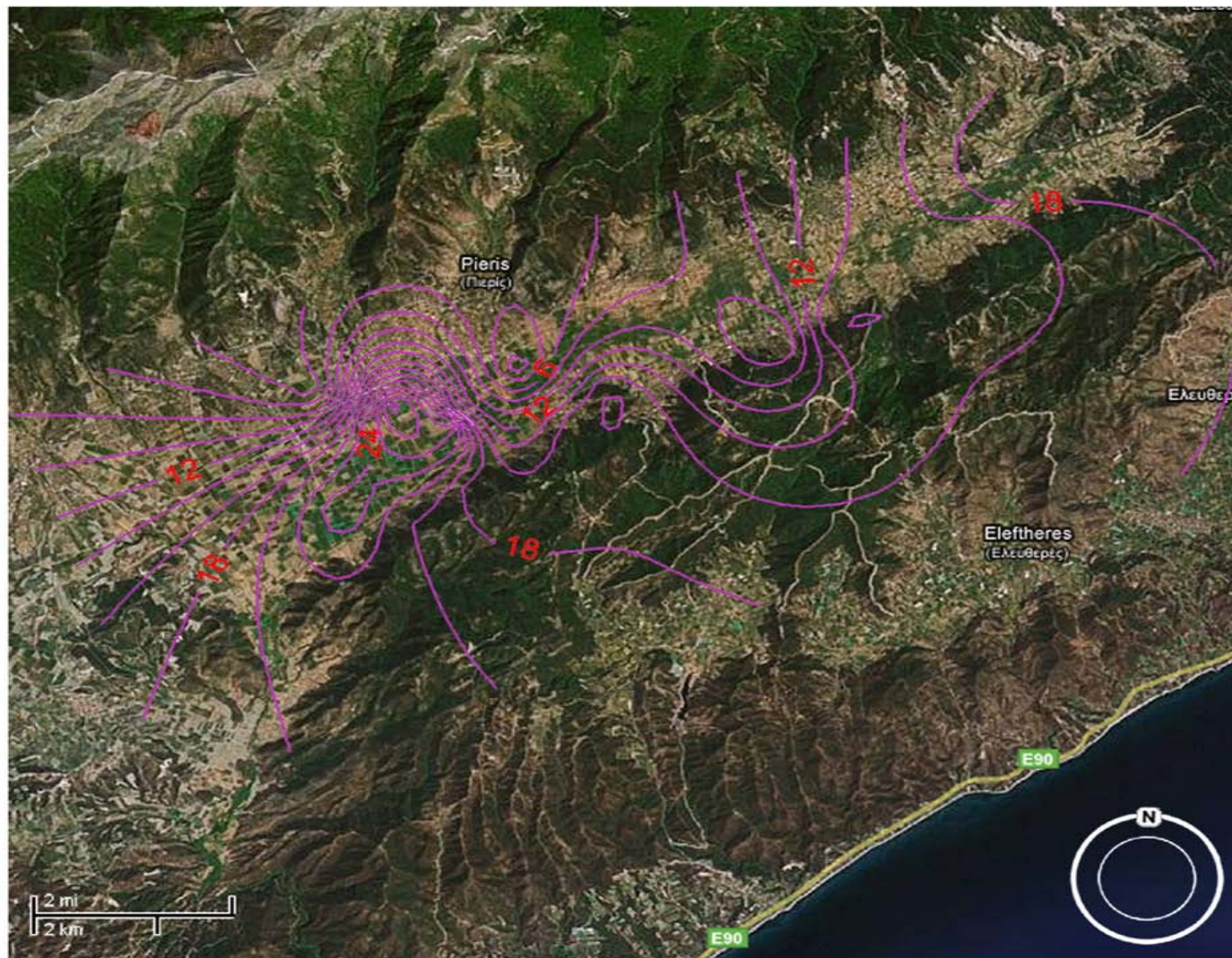
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Χλώρα (CI)

Νοέμβριος 2005



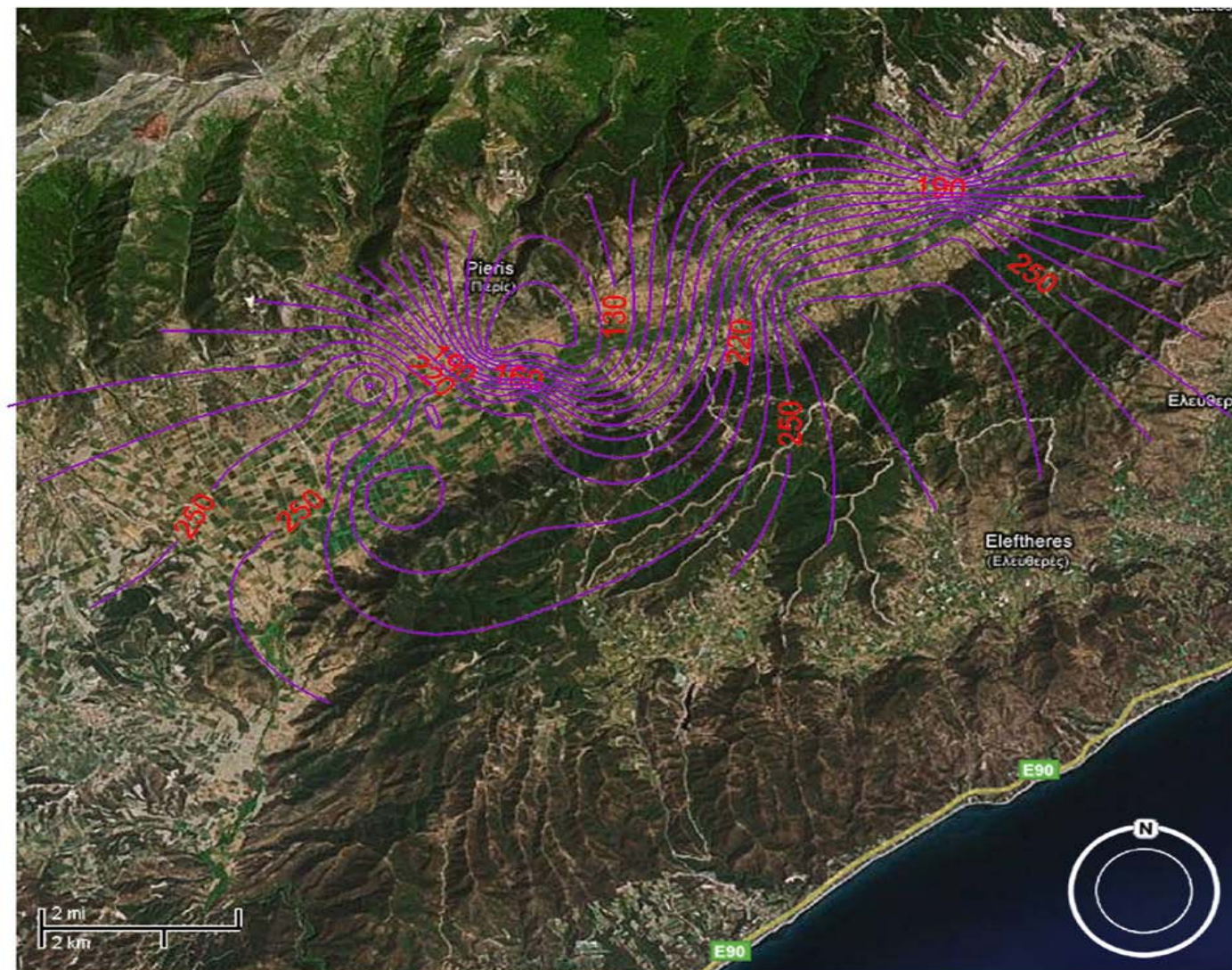
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
 SO_4

Νοέμβριος 2005



ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
N03

Νοέμβριος 2005



ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
HCO₃

Νοέμβριος 2005

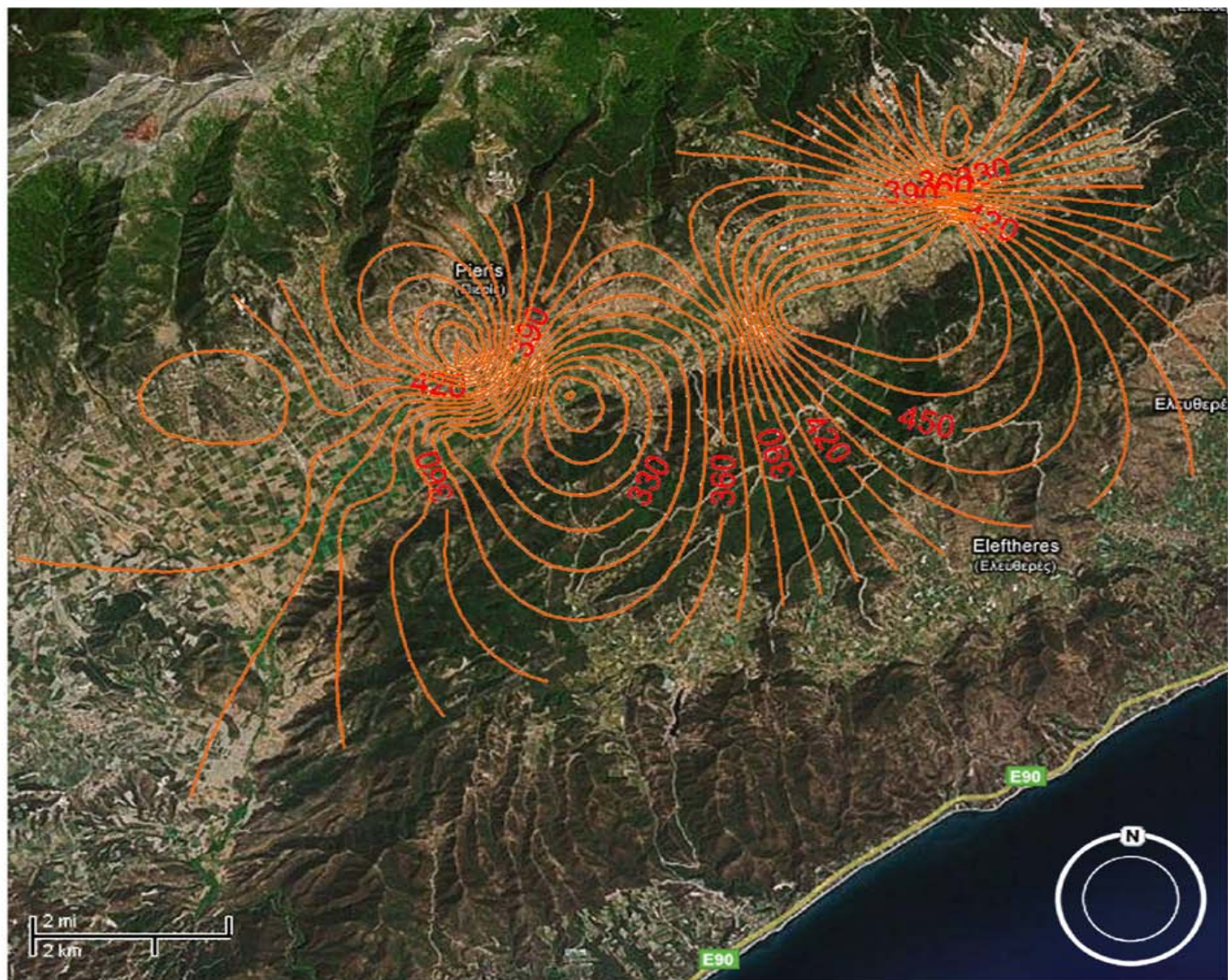


ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Ολική σκληρότητα

Νοέμβριος 2005

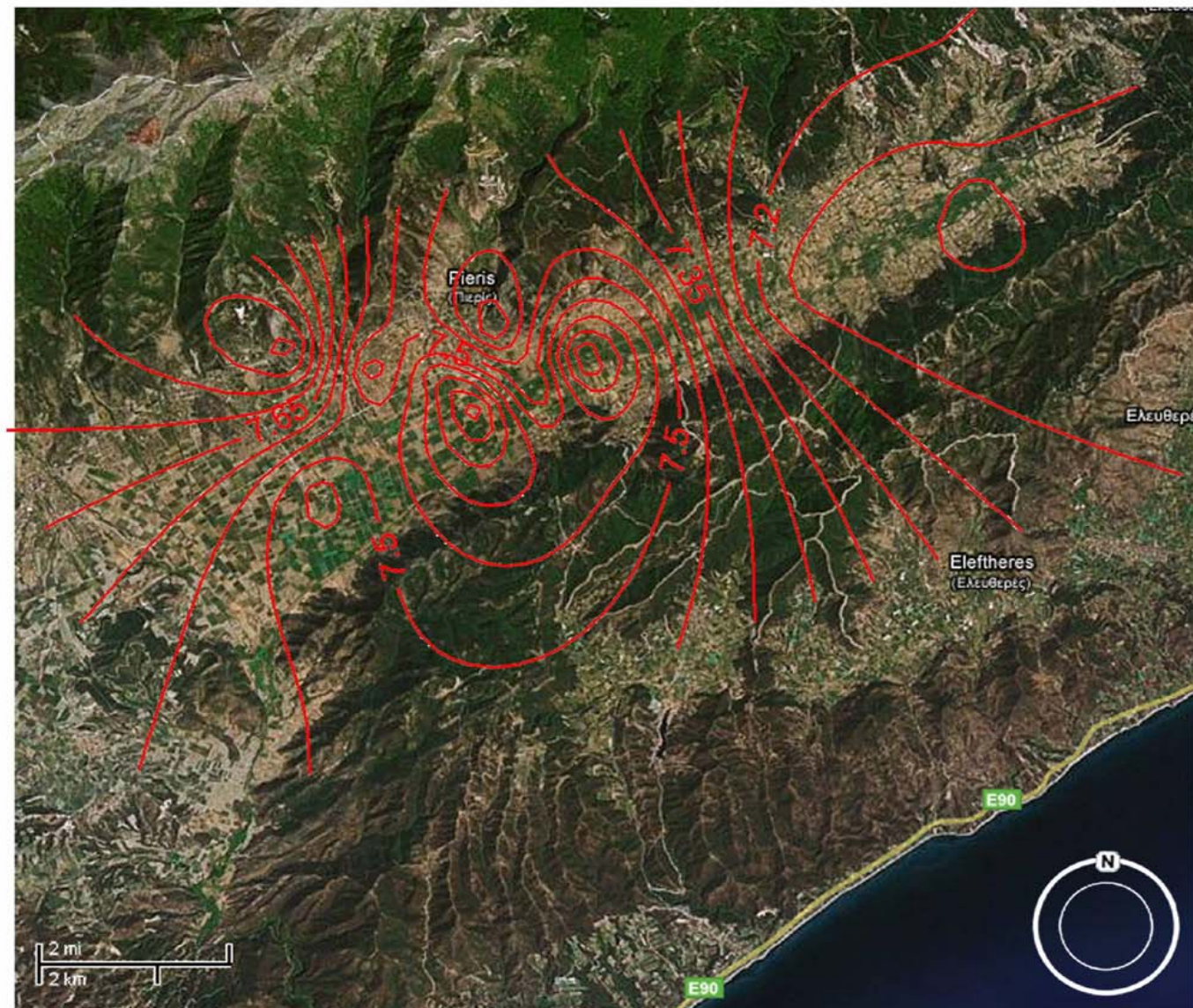
ΔΕΙΓΜΑ	Αγωγιμότητα	pH	Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl	Ολ. Σκληρ
ΜΜΣ3	331	7,79	87,1	3,9	1,5	7,9	271	2,1	16,9	5,6	229
ΜΜΣ4	379	7,62	79,2	12,2	1,9	11,4	264	7,2	21,5	8,1	234
ΜΠ3	409	7,42	54,6	25,8	1,1	9,1	247	10,6	30,5	9,2	278
ΜΠ7 Ερ.	373	7,51	72,1	11,4	1,6	7,8	235	4,5	22,1	11,2	227
ΜΜ1	285	7,77	57,8	4,4	1,9	10,3	143	11,8	25,4	22,2	162
ΜΜ3	337	7,44	77,1	3,2	1,8	10,4	228	7,1	14,3	9,9	210
ΜΜ6	498	7,29	68,4	7,4	1,7	41,8	99	17,2	4,3	132	197
ΜΣ2	481	7,13	91,4	12,8	1,9	21,4	301	22,2	14,8	17,4	245
ΜΣ4	364	7,21	77,1	4,4	2,7	22,9	239	29,8	6,2	13,8	201
ΜΚ2	467	7,09	81,8	4,2	1,5	21,3	244	18,2	16,8	25,5	254
ΜΑ1	273	7,18	55,3	3,1	1,9	17,8	161	14,3	24,4	10,3	156
ΜΠΛ1	420	7,41	82,1	17,4	0,9	6,8	282	26,3	24,5	7,6	272
ΜΠΛ5	378	7,61	90,1	3,6	0,7	4,9	232	7,8	29,1	8,4	243
ΜΠΛ10	369	7,71	94,5	7,2	1,4	9,3	276	14,3	18,1	6,5	234
ΜΠΛ14	391	7,88	83,2	6,1	1,6	7,2	248	19,1	8,3	7,1	256

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΩΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ. **ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2006.**



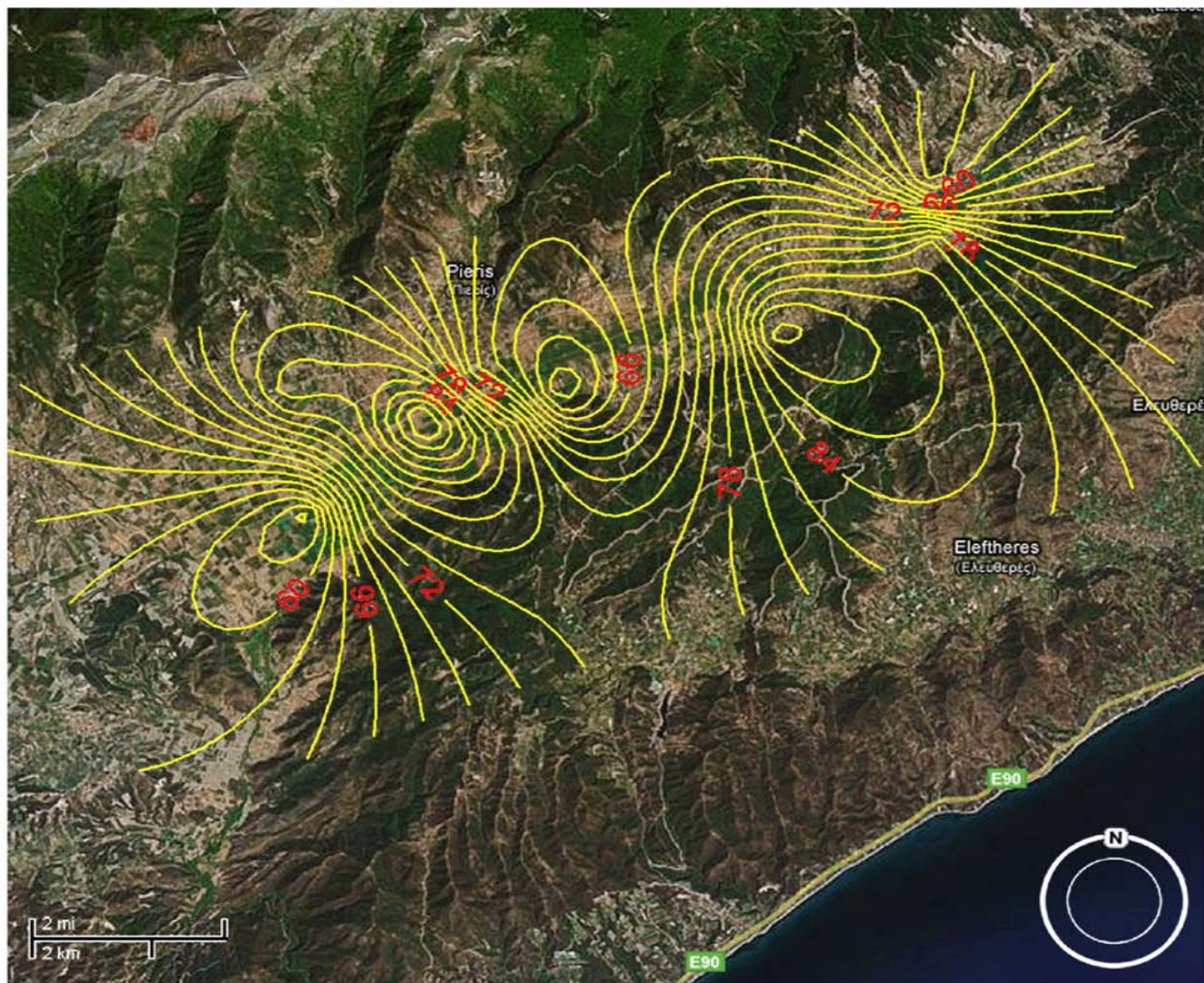
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Αγωγιμότητα

Νοέμβριος 2006



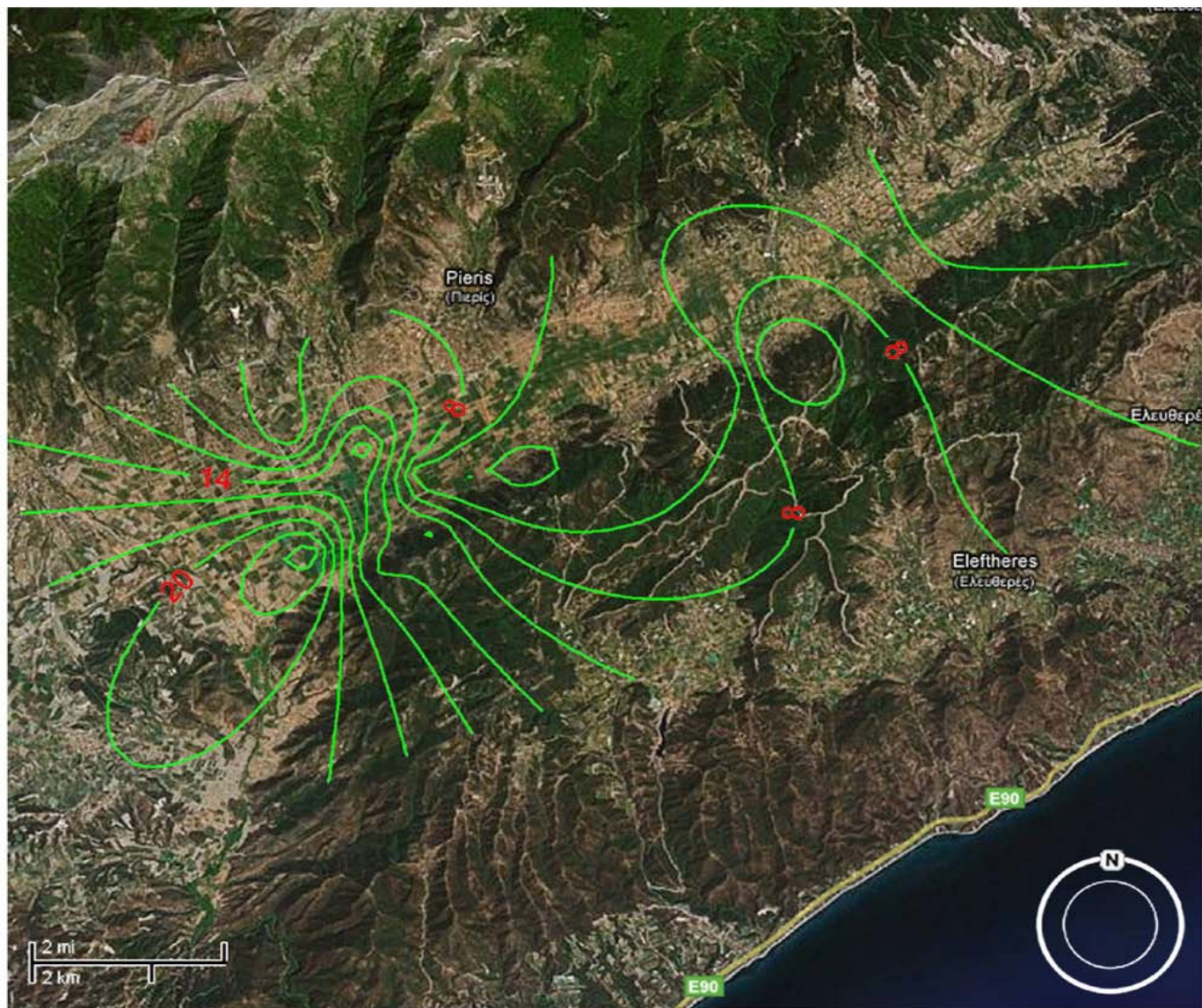
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
pH

Νοέμβριος 2006



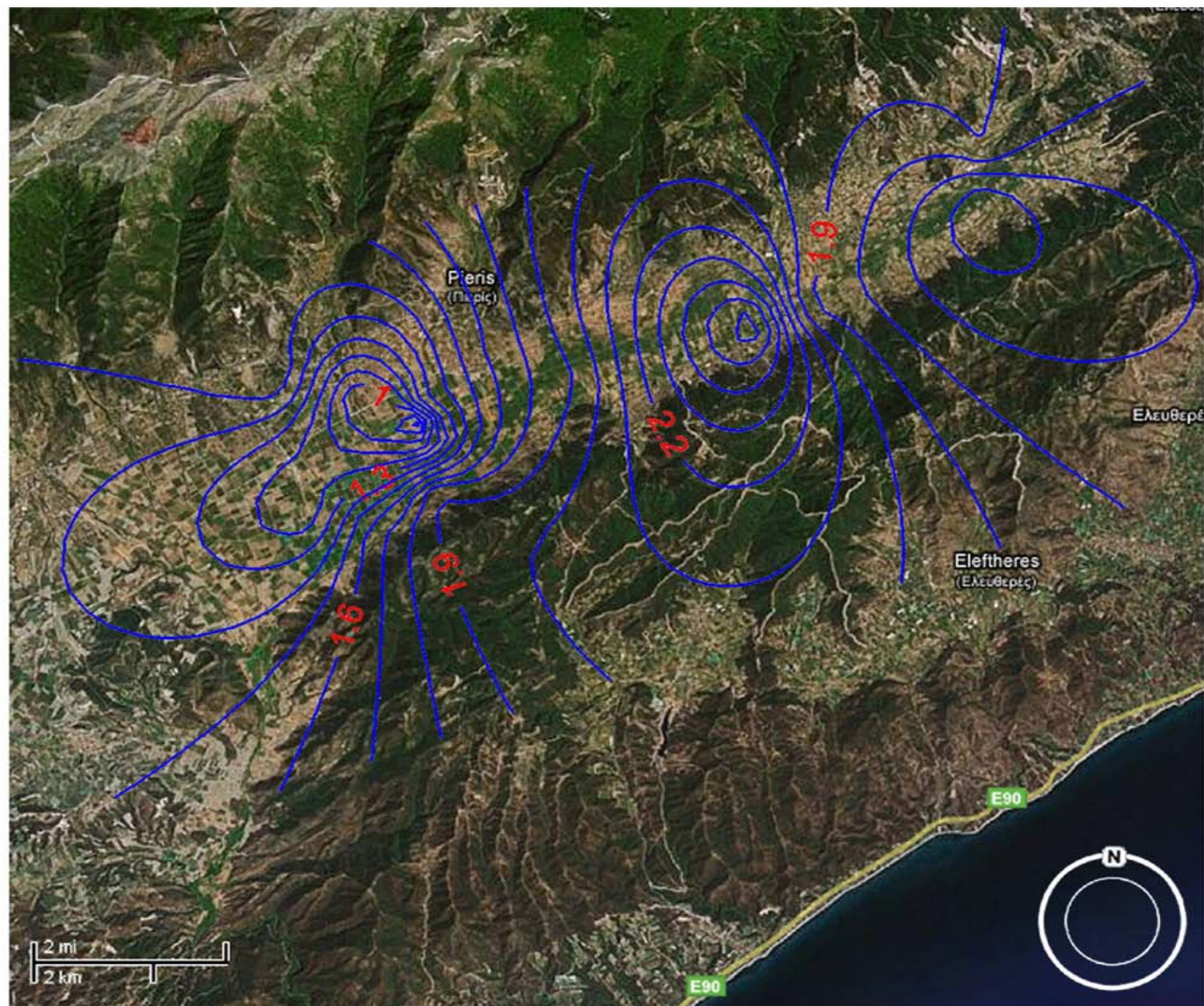
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Ασβέστιο (Ca)

Νοέμβριος 2006



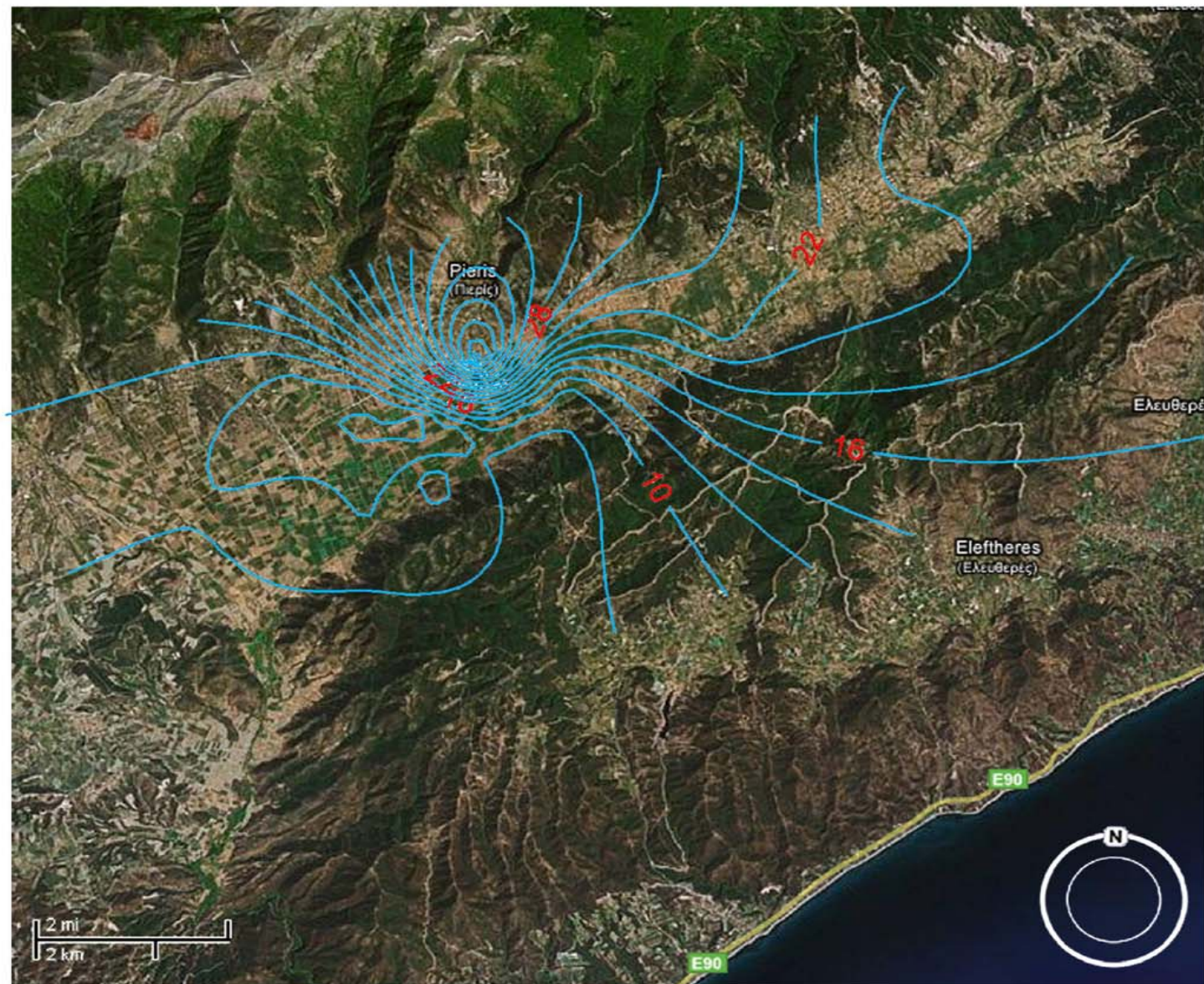
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Μαγνήσιο (mg)

Νοέμβριος 2006



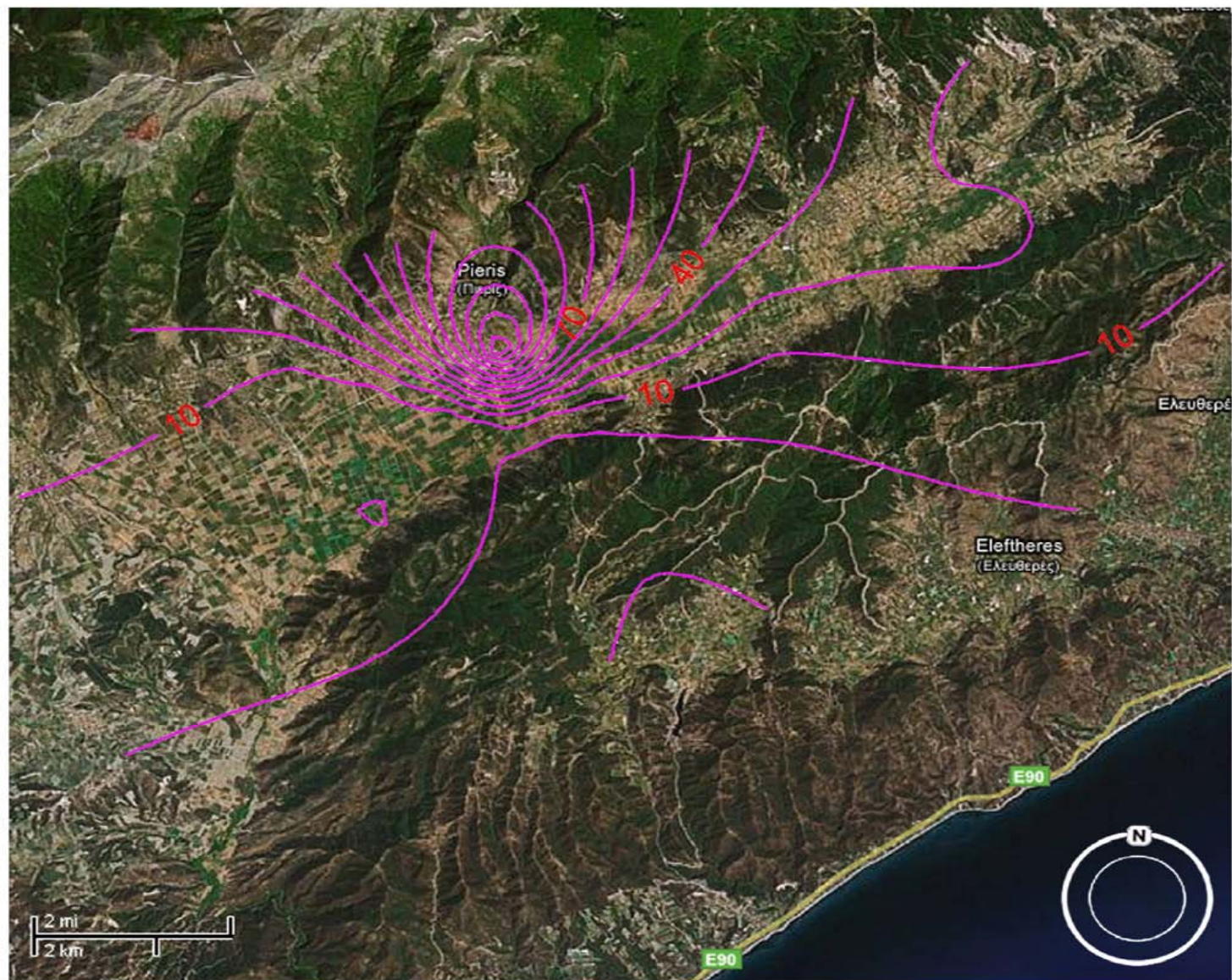
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Κάλιο (Κ)

Νοέμβριος 2006



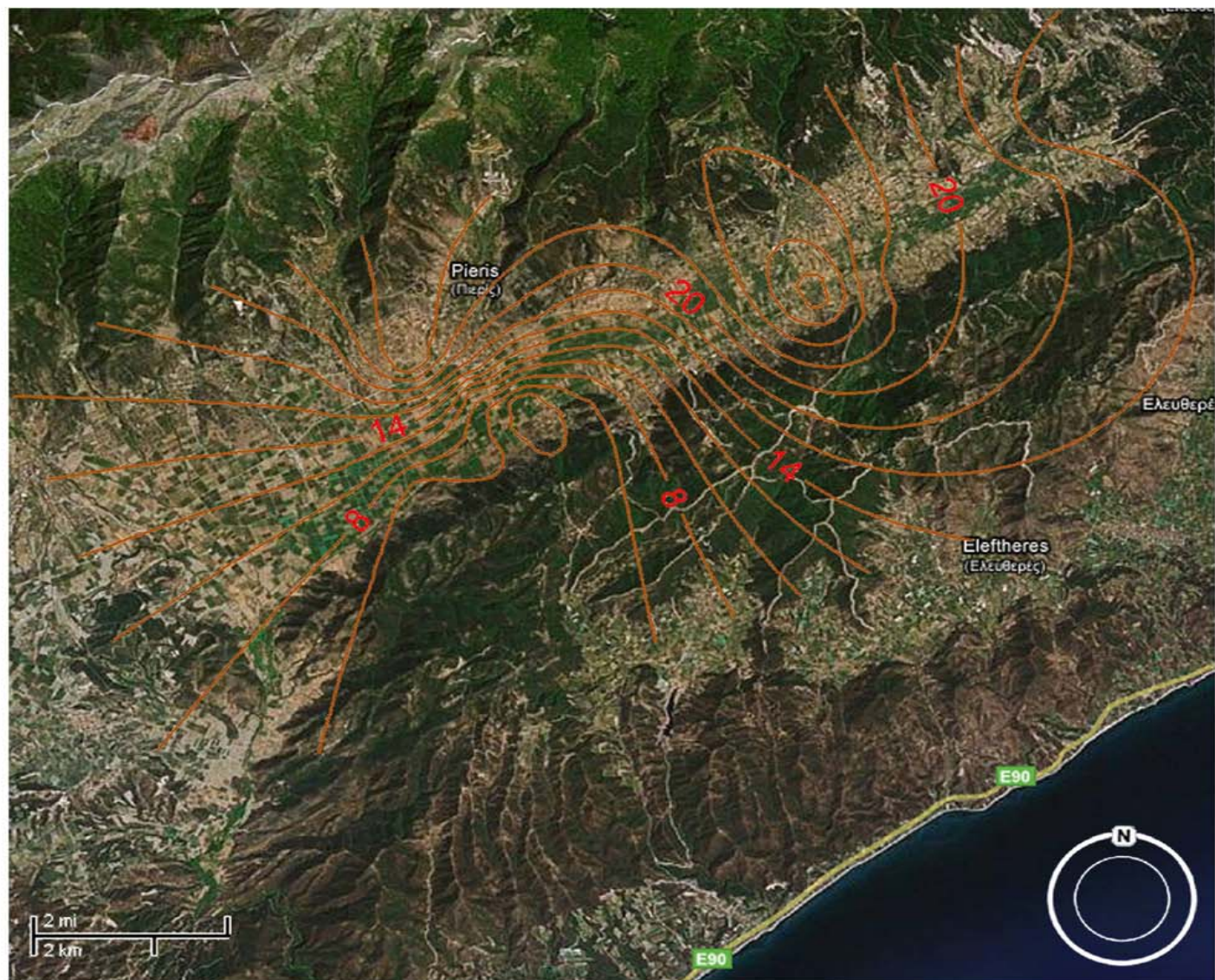
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Νάτριο (Na)

Νοέμβριος 2006



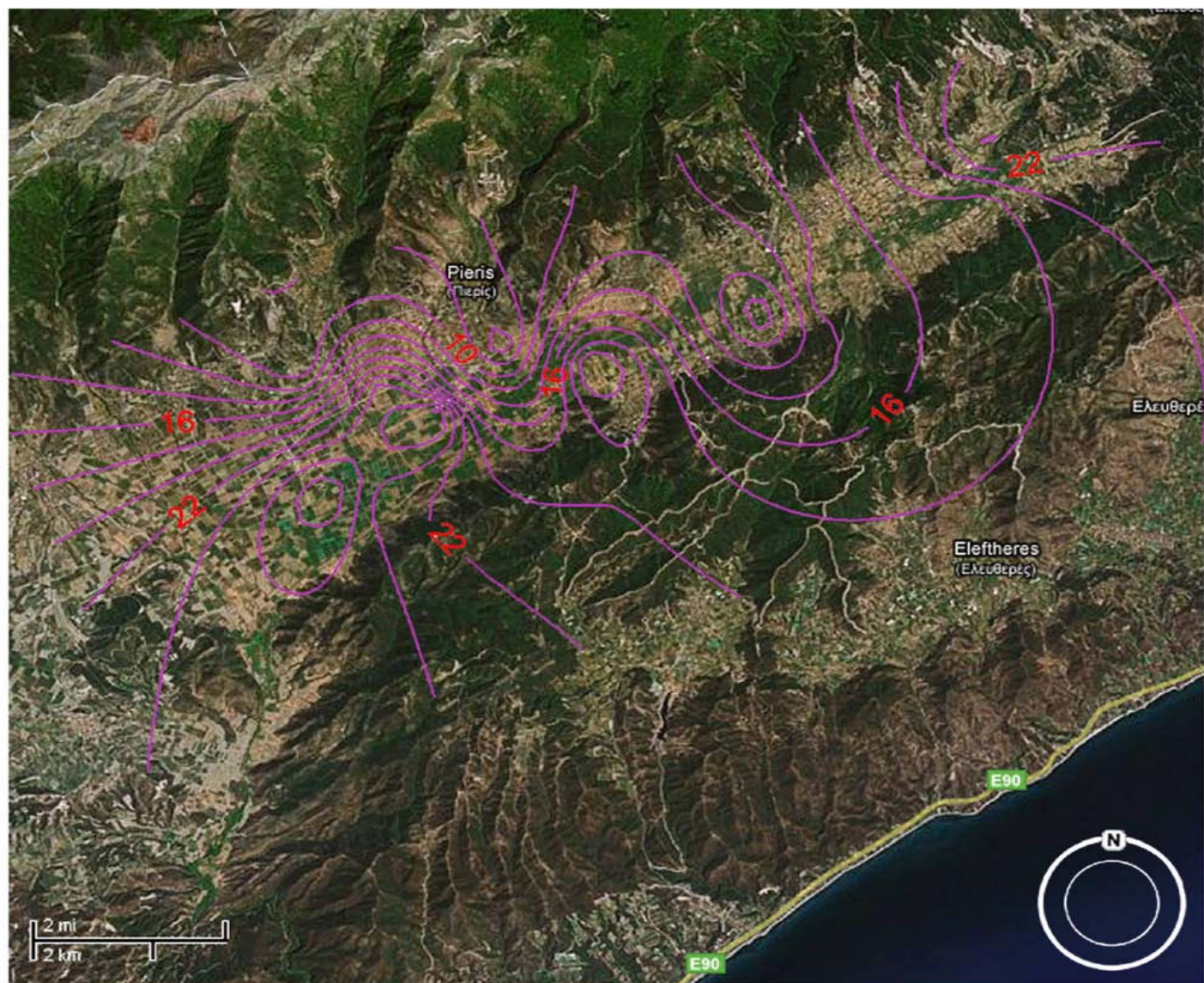
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Χλώριο (CI)

Νοέμβριος 2006



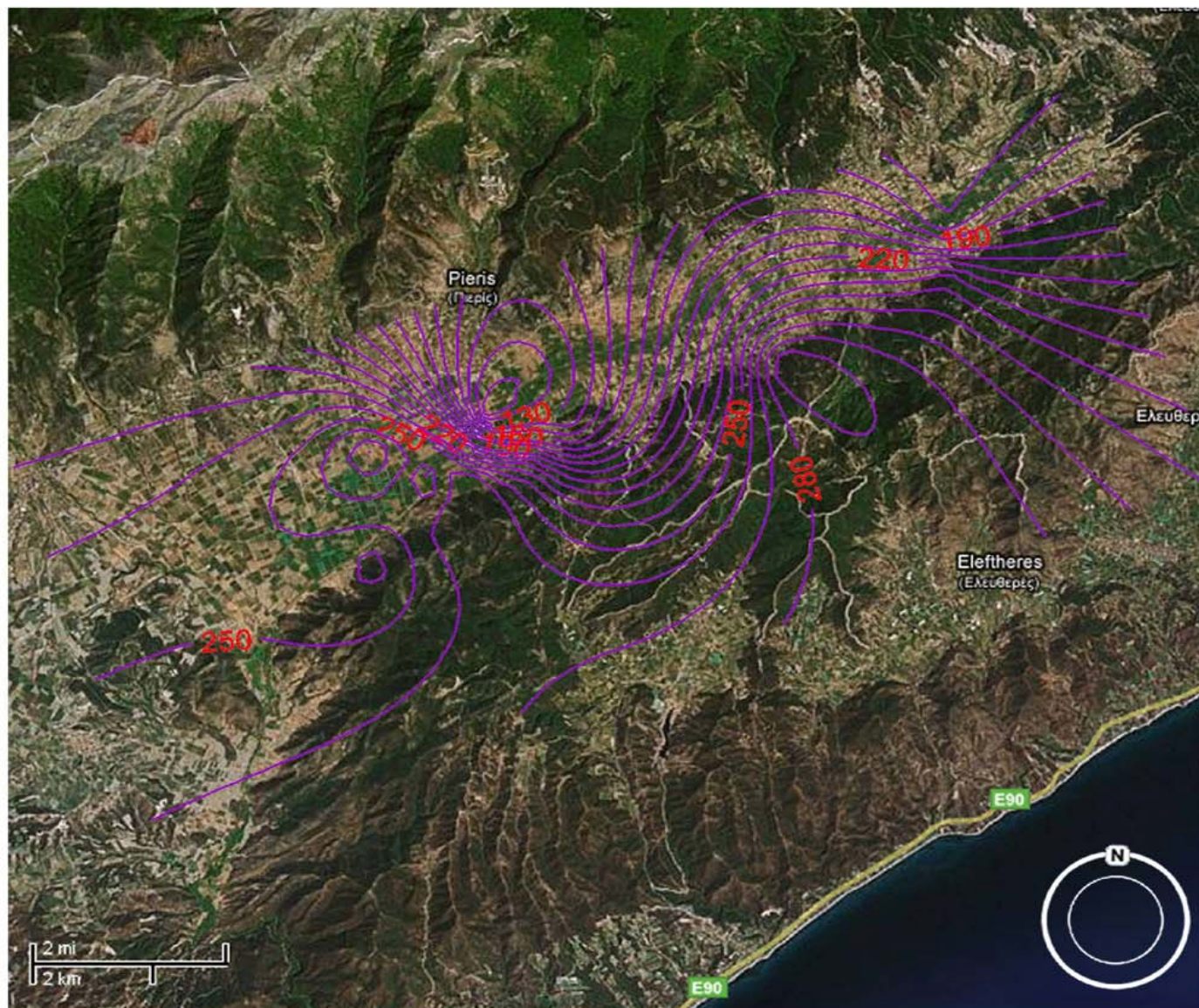
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
SO₄

Νοέμβριος 2006



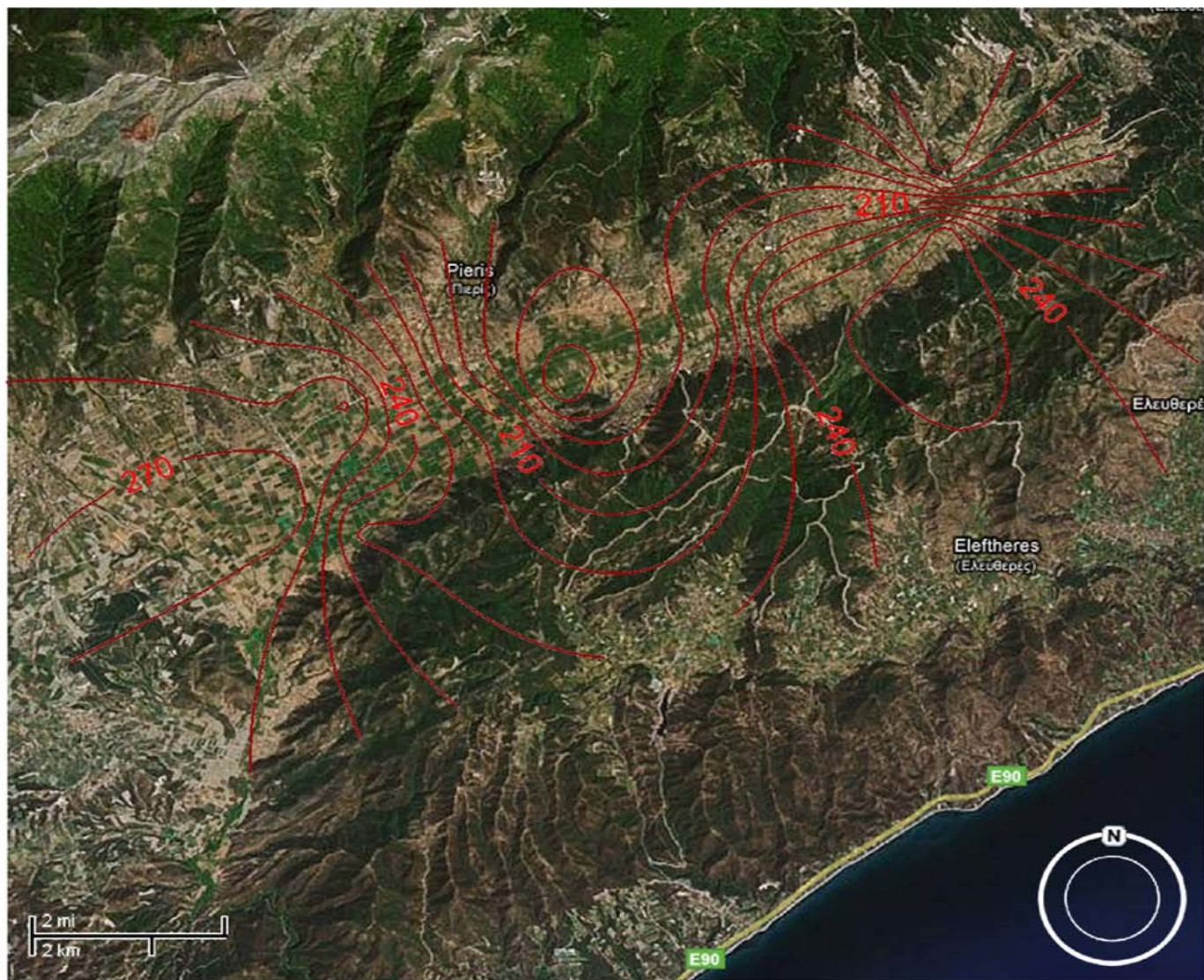
ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
NO3

Νοέμβριος 2006



ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
HCO₃

Νοέμβριος 2006



ΧΑΡΤΗΣ
ΙΣΟΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
Ολική σκληρότητα

Νοέμβριος 2006

Παρατηρώντας τους παραπάνω χάρτες διαπιστώνουμε τα εξής:

Αγωγιμότητα: Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα αυξημένες τιμές, εκτός από της περιοχή Μεσότοπος και την περιοχή νότια της Μεσορόπης. Επίσης παρατηρείται μια γενικότερη άύξηση των τιμών στις μετρήσεις του 2006 σε σχέση με αυτές του 2007.

pH: οι τιμές του pH κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα από 6.98 έως και 7.93 χωρίς ιδιαίτερς διαφορές από την μια χρονιά στην άλλη και με τις μεγαλύτερες τιμές να παρουσιάζονται νοτιο-ανατολικά του Πλατανότοπου.

Ασβέστιο (Ca): το ασβέστιο παρουσιάζει κανονικές τιμές με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις να παρουσιάζονται νότια των χωριών Αυλή και Μεσορόπη.

Μαγνήσιο (Mg): το μαγνήσιο δεν παρουσιάζει μεγάλες δικομάνσεις στην περιοχή με μια αύξηση της συγκέντρωσης του στο νοτιο-δυτικό τμήμα της λεκάνης. Ελαφρώς υψηλότερες τιμές μετρήθηκαν στις γεωτρήσεις ΜΠ3 και ΜΠΛ1 που βρίσκονται στην περιοχή νοτιο-ανατολικά του χωριού Πλατανότοπος και νοτιο-δυτικά του χωριού Μεσορόπη.

Κάλιο (K): το κάλιο παρουσιάζει πολύ χαμηλές τιμές από 0.7 μέχρι 2.1. Την πιο αυξημένη τιμή την συναντάμε βόρεια του Σιδηροχωρίου.

Νάτριο (Na): το νάτριο παρουσιάζει μέτριες τιμές αλλά και μεγάλη διακύμανση. Ιδιαίτερα υψηλή τιμή συναντάται στην γεώτρηση MM6, που βρίσκεται στην περιοχή νοτιο-ανατολικά της μεσορόπης, με τιμές και τις δυο χρονιές πάνω από 40 mg/l.

Όξινα Ανθρακικά (HCO₃): δεν παρατηρούνται υψηλές τιμές στα όξινα ανθρακικά και η διακύμανση των τιμών είναι μέτρια.

Γενικότερα στο βόρειο τμήμα της λεκάνης παρατηρούνται μικρότερες τιμές από ότι στο νότιο.

Θειικά (SO_4): οι τιμές του SO_4 είναι χαμηλές στην ευρύτερη περιοχή, ενώ αυξάνουν ελαφρά βόρεια του Σιδηροχωρίου. Στις μετρήσεις του 2006 οι τιμές είναι λίγο μεγαλύτερες από τις τιμές των μετρήσεων του 2005.

Νιτρικά (NO_3): τα νιτρικά παρουσιάζουν μέτριες τιμές, ενώ παρουσιάζουν αξιοσημείωτη αύξηση το 2006. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται στην περιοχή νοτιο-δυτικά της Μεσορόπης.

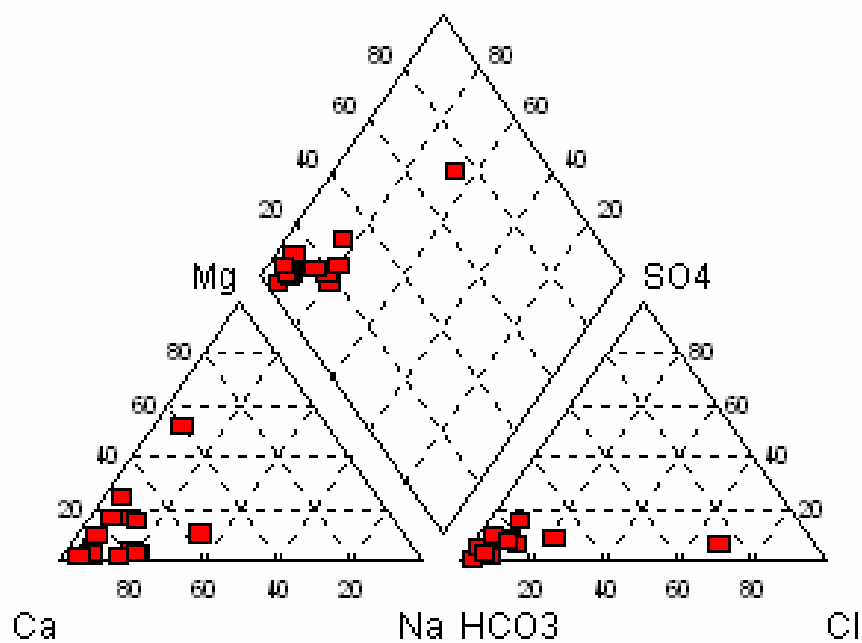
Χλώριο (Cl): το χλώριο παρουσιάζει επίσης χαμηλές τιμές με εξαίρεση την περιοχή νοτιο-δυτικά της Μεσορόπης όπου οι τιμές είναι ελαφρώς υψηλότερες.

Ολική Σκληρότητα: η τιμές της ολικής σκληρότητας παρουσιάζουν κανονικές τιμές για την περιοχή χωρίς ιδιαίτερες διακυμάνσεις. Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται στο βορειο-ανατολικό κομμάτι της λεκάνης καθώς και στο κεντρικό τμήμα της.

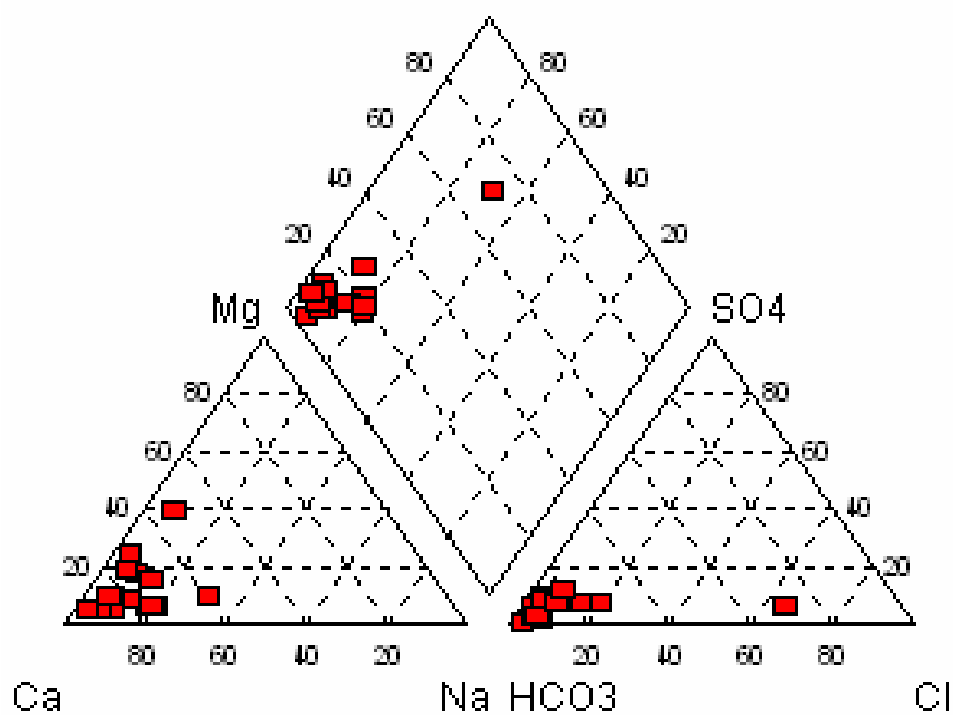
Στην βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορα διαγράμματα για την κατάταξη του υπογείου νερού και από αυτά προκύπτουν οι διάφορες ιδιότητες σε σχέση με την χημική σύσταση του. Κάποια από αυτά τα διαγράμματα παρουσιάζονται παρακάτω, ανάμεσα τους και το πολυχρησιμοποιημένο διάγραμμα Piper.

2.1 Διάγραμμα Piper

Το διάγραμμα αυτό επιτρέπει την άμεση σύγκριση διαφόρων δειγμάτων νερού καθώς και την ταξινόμηση τους σε κατηγορίες. Το διάγραμμα Piper έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην βιβλιογραφία . Η υδροχημική φάση του δείγματος φαίνεται σε ένα ρομβικό διάγραμμα που συνοδεύεται από δυο τριγωνικά διαγράμματα ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα.. Το δείγμα κατατάσσεται ανάλογα με την θέση του στο ρομβικό διάγραμμα που εξαρτάται τόσο από τα ανιόντα όσο και από τα κατιόντα. (Σούλιος 2006)



Διάγραμμα Piper σύμφωνα με τα δεδομένα του Νοεμβρίου 2005



Διάγραμμα Piper σύμφωνα με τα δεδομένα του Νοεμβρίου 2006

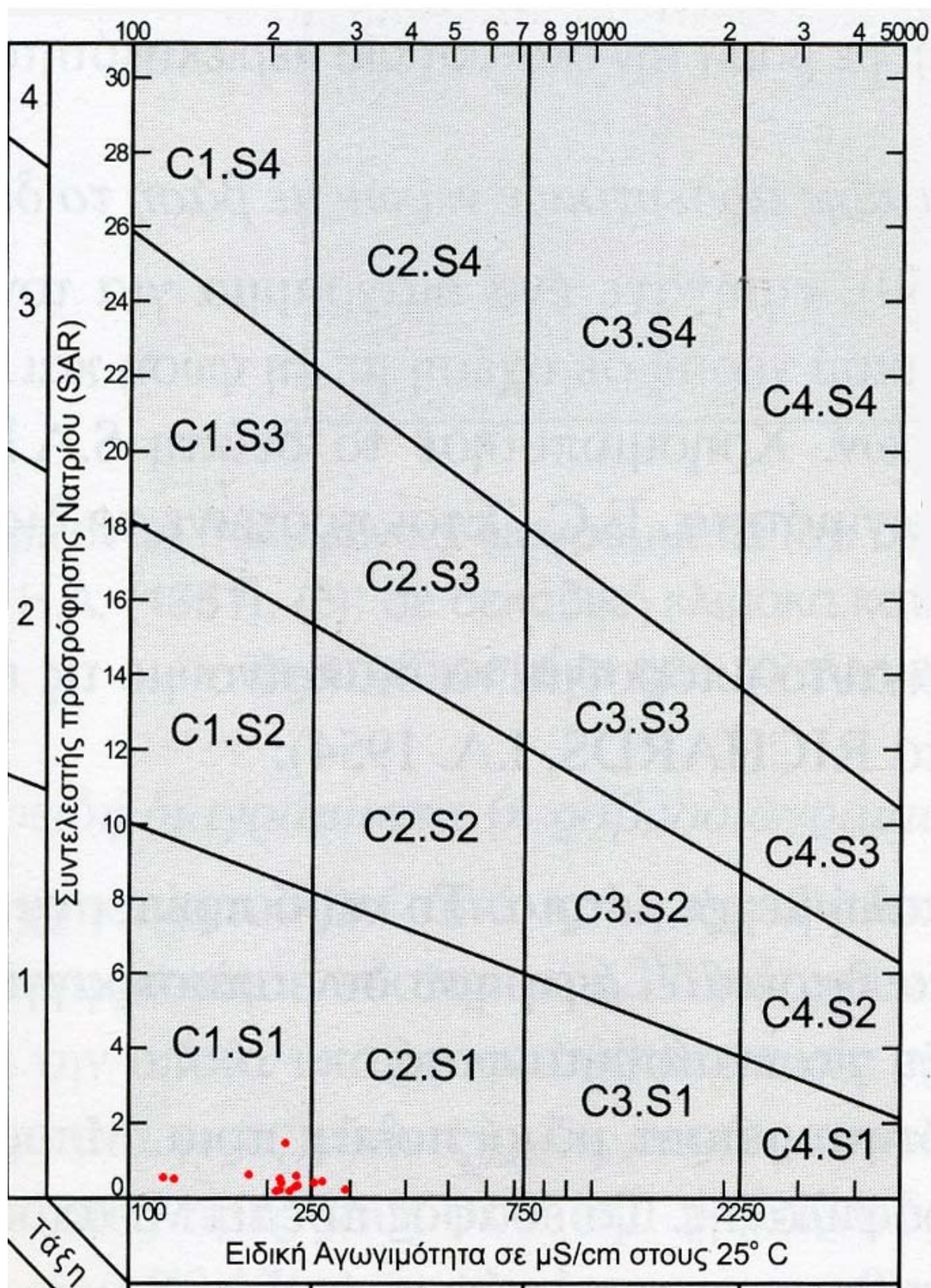
2.2 Διάγραμμα κατάταξης αρδευτικών νερών με βάση τον δείκτη SAR.

Το διάγραμμα Wilcox χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού σε σχέση με τις ιδιότητες και την φύση των καλλιεργούμενων εδαφών. Για την κατάταξη των δειγμάτων στο διάγραμμα χρησιμοποιείται ο δείκτης SAR* και η ηλεκτρική αγωγιμότητα. (Σούλιος 2006)

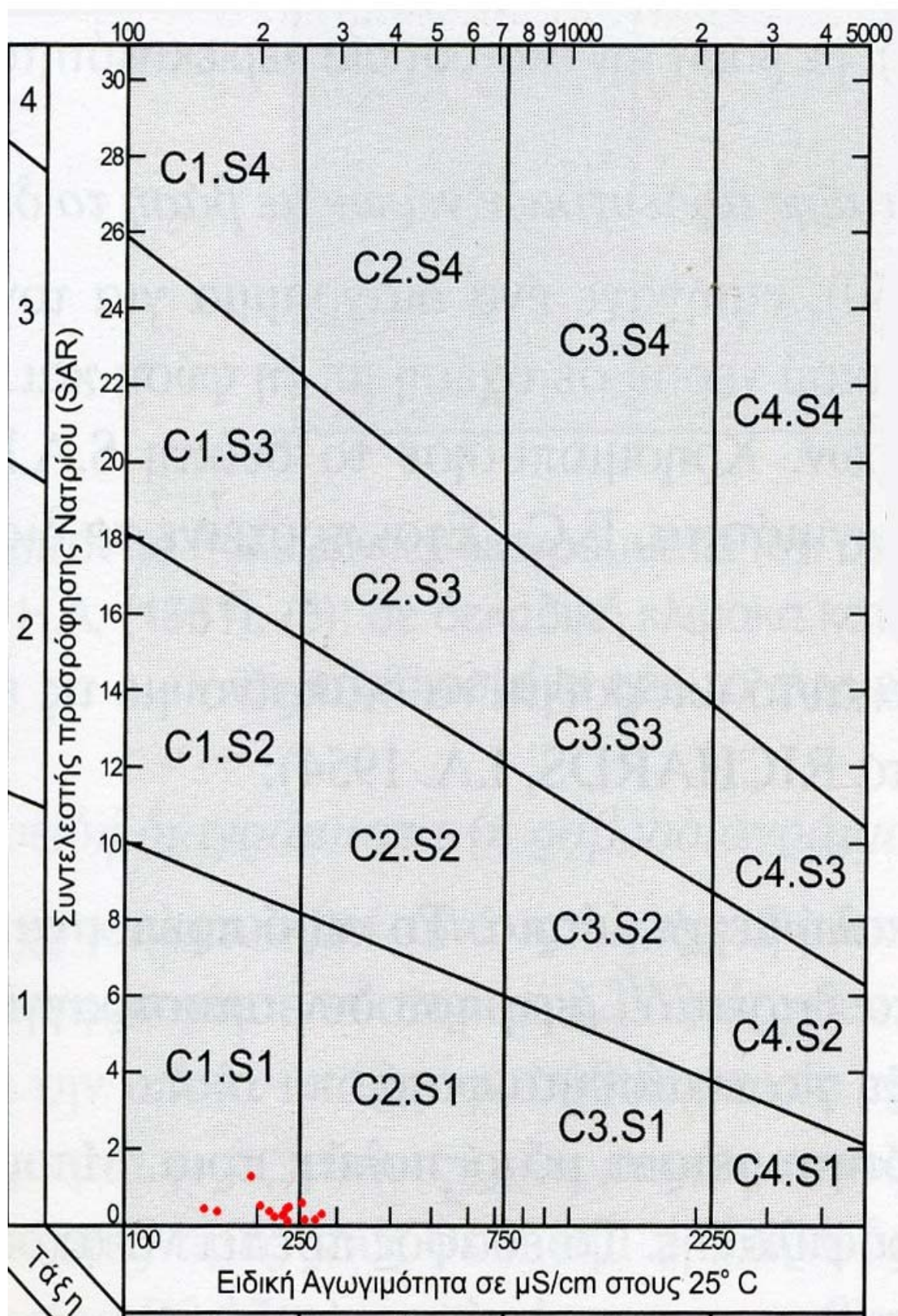
$$*SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

ΔΕΙΓΜΑ	SAR NOEM 2005
ΜΜΣ3	0,198751
ΜΜΣ4	0,275616
ΜΠ3	0,267762
ΜΠ7 Ερ.	0,183179
ΜΜ1	0,433681
ΜΜ3	0,258399
ΜΜ6	1,473577
ΜΣ2	0,517176
ΜΣ4	0,682242
ΜΚ2	0,681471
ΜΑ1	0,586478
ΜΠΛ1	0,198754
ΜΠΛ5	0,158152
ΜΠΛ10	0,256615
ΜΠΛ14	0,18042

ΔΕΙΓΜΑ	SAR NOEM 2006
ΜΜΣ3	0,224957
ΜΜΣ4	0,315019
ΜΠ3	0,254255
ΜΠ7 Ερ.	0,2253
ΜΜ1	0,351677
ΜΜ3	0,31556
ΜΜ6	1,282182
ΜΣ2	0,55561
ΜΣ4	0,68664
ΜΚ2	0,622738
ΜΑ1	0,630681
ΜΠΛ1	0,177909
ΜΠΛ5	0,137699
ΜΠΛ10	0,248323
ΜΠΛ14	0,205323



Διάγραμμα κατά Wilcox (1950) κατάταξης αρδευτικών νερών με βάση τον δείκτη SAR. Στοιχεία ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2005.



Διάγραμμα κατά Wilcox (1950) κατάταξης αρδευτικών νερών με βάση τον δείκτη SAR. Στοιχεία ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2006.

2.3 Ιοντικοί Λόγοι

Οι ιοντικοί λόγοι είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που δίνει ενδιαφέρουσες υδρογεωχημικές πληροφορίες. Με τους ιοντικούς λόγους εκφράζεται η ιοντική ισορροπία των διαφόρων ιόντων μέσα στο νερό, η οποία επηρεάζεται από την υπόγεια πορεία του νερού, το χρόνο παραμονής του, την ανάμειξη του με θαλασσινό νερό, κ.λ.π.

Ιοντικός λόγος Mg/Ca : δείχνει αν το νερό προέρχεται από ασβεστολιθικά ή μαγνησιούχα πετρώματα.

Ιοντικός λόγος Na/Cl : είναι δείκτης για την υφαλμύρωση και γενικά για την διείσδυση θαλασσινού νερού

Ιοντικός λόγος Na/K : σχετίζεται με το αν το νερό είναι θαλασσινό ή βρόχινο ή αν υπάρχει περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων.

Ιοντικός λόγος Cl/ SO_4 έχει σχέση με την υφαλμύρωση και με την παρουσία υπολειμματικών αλάτων στους υδροφορείς

ΔΕΙΓΜΑ	Mg/Ca	Na/Cl	Na/K	Cl/SO4
ΜΜΣ3	0,061329	1,209861	16,02121	7,963087
ΜΜΣ4	0,22115	0,970299	14,21165	2,768121
ΜΠ3	1,330103	0,920138	20,81543	1,727442
ΜΠ7 Ερ.	0,222436	0,47439	9,42294	6,256711
ΜΜ1	0,01561	0,441055	14,90084	3,429988
ΜΜ3	0,014592	0,907019	16,23698	1,730076
ΜΜ6	0,185614	0,246472	52,35718	16,2211
ΜΣ2	0,221123	0,803386	20,39063	1,8361
ΜΣ4	0,044256	1,154867	17,47768	0,803
ΜΚ2	0,067421	0,786154	24,18888	2,995638
ΜΑ1	0,049113	1,227046	18,57003	1,654667
ΜΠΛ1	0,374092	0,707244	11,18652	0,67939
ΜΠΛ5	0,032933	0,526269	11,46973	2,496365
ΜΠΛ10	0,046184	1,317733	9,451904	0,985906
ΜΠΛ14	0,133255	0,782329	7,646484	0,53432

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.ΙΟΝΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ, ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2005

ΔΕΙΓΜΑ	Mg/Ca	Na/Cl	Na/K	Cl/SO4
ΜΜΣ3	0,073849	1,086125	8,949219	5,055928
ΜΜΣ4	0,254059	1,083579	10,19531	2,13297
ΜΠ3	0,779339	0,761543	14,05717	1,645562
ΜΠ7 Ερ.	0,260777	0,536188	8,283691	4,718867
ΜΜ1	0,125552	0,357211	9,211554	3,567
ΜΜ3	0,068453	0,808796	9,817708	2,643681
ΜΜ6	0,178433	0,243805	41,78079	14,55049
ΜΣ2	0,230974	0,946903	19,13857	1,486033
ΜΣ4	0,094123	1,277607	14,41189	0,878001
ΜΚ2	0,084683	0,643103	24,12891	2,656446
ΜΑ1	0,092456	1,330527	15,919	1,365631
ΜΠΛ1	0,349547	0,688868	12,83854	0,547886
ΜΠΛ5	0,065899	0,449115	11,89453	2,041817
ΜΠΛ10	0,125661	1,101566	11,28767	0,861806
ΜΠΛ14	0,120922	0,780755	7,646484	0,704786

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.ΙΟΝΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ, ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2006

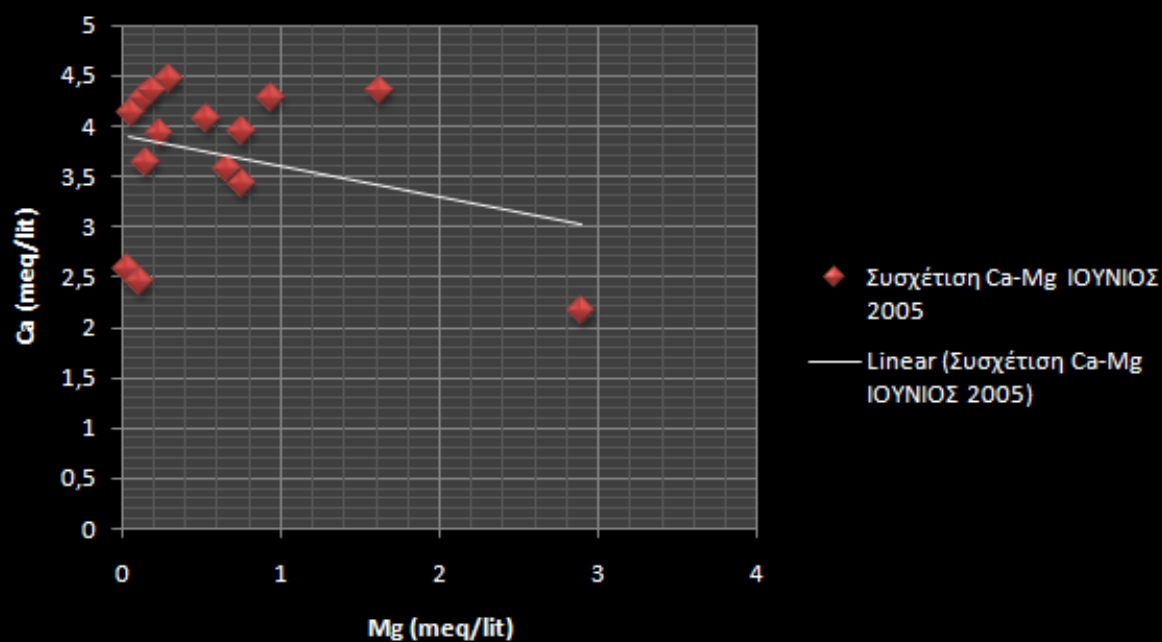
2.4 Διαγράμματα συσχέτισης

Κάποια από τα ιόντα που περιέχονται στο νερό είναι χρήσιμο να εξετάζονται ανά ζεύγη, διότι αυξάνονται ή μειώνονται με μια σχεδόν σταθερή σχέση μεταξύ τους. Η συσχέτιση αυτών των συγκεκριμένων ιόντων συνδέεται με την χημική συγγένεια τους και τις ιδιότητες τους. (Σούλιος 2006)

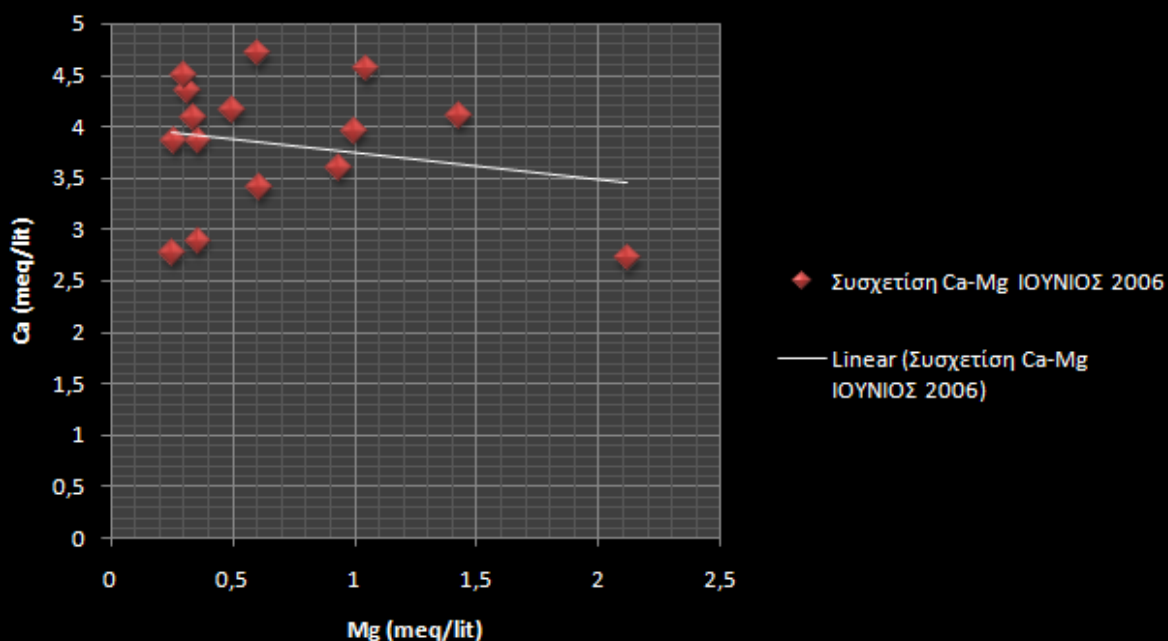
Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα συσχέτισης όπως:

Ca-Mg, K-Na, SO₄-Cl.

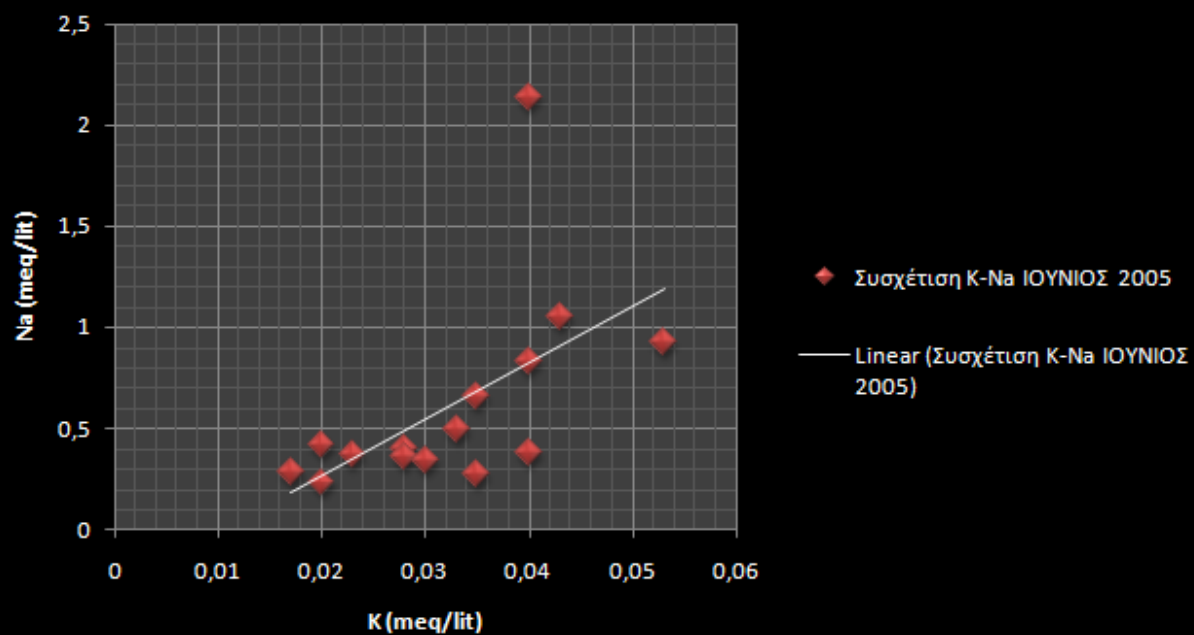
Συσχέτιση Ca-Mg ΙΟΥΝΙΟΣ 2005



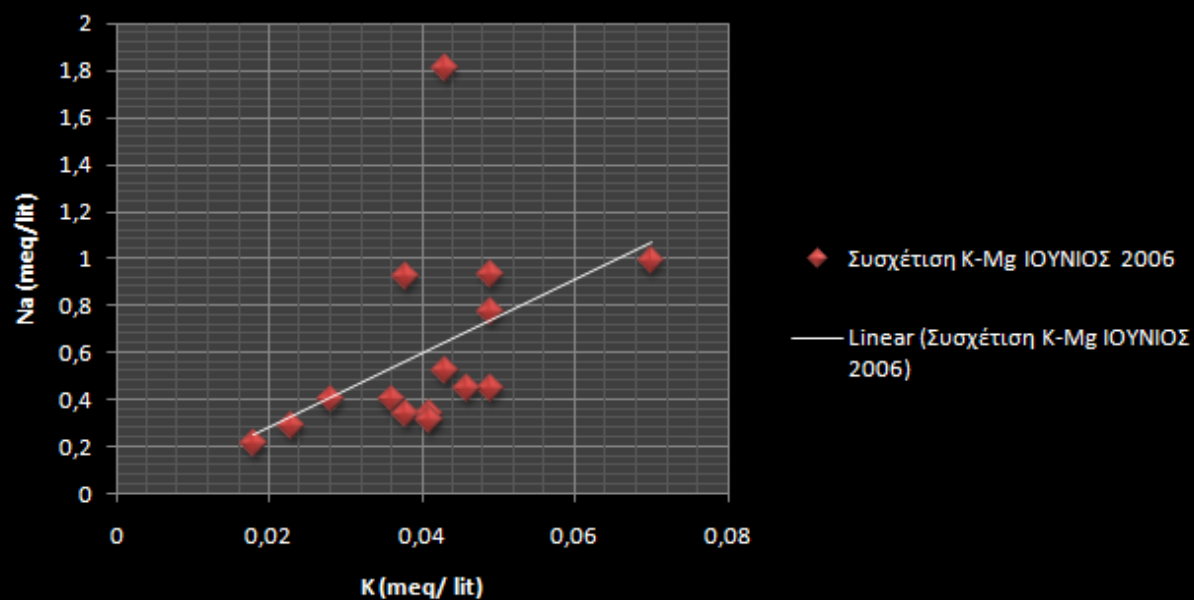
Συσχετίση Ca-Mg ΙΟΥΝΙΟΣ 2006



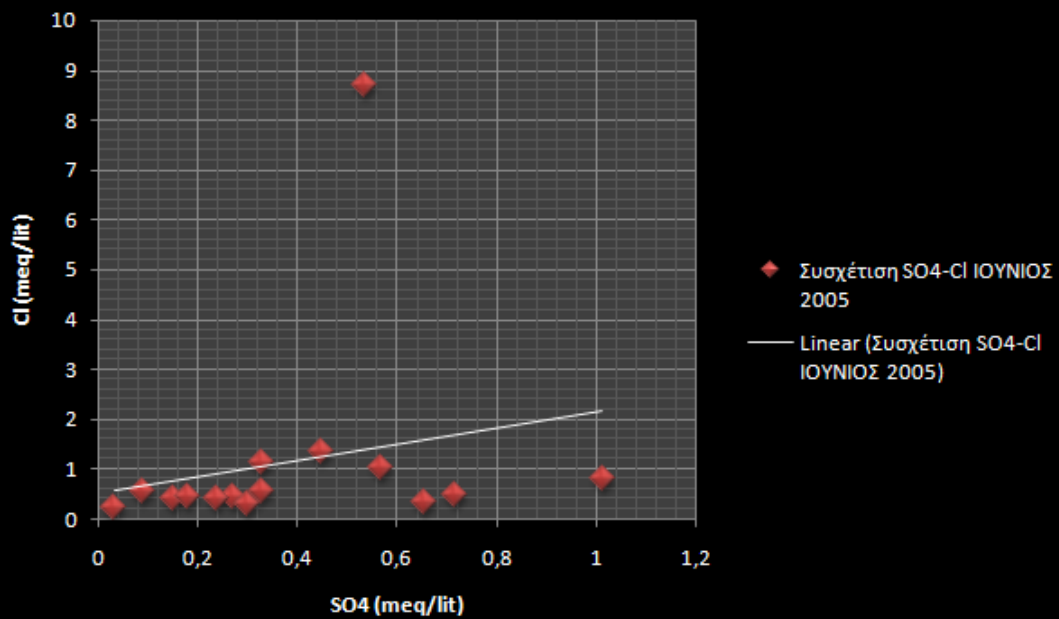
Συσχέτιση K-Na ΙΟΥΝΙΟΣ 2005



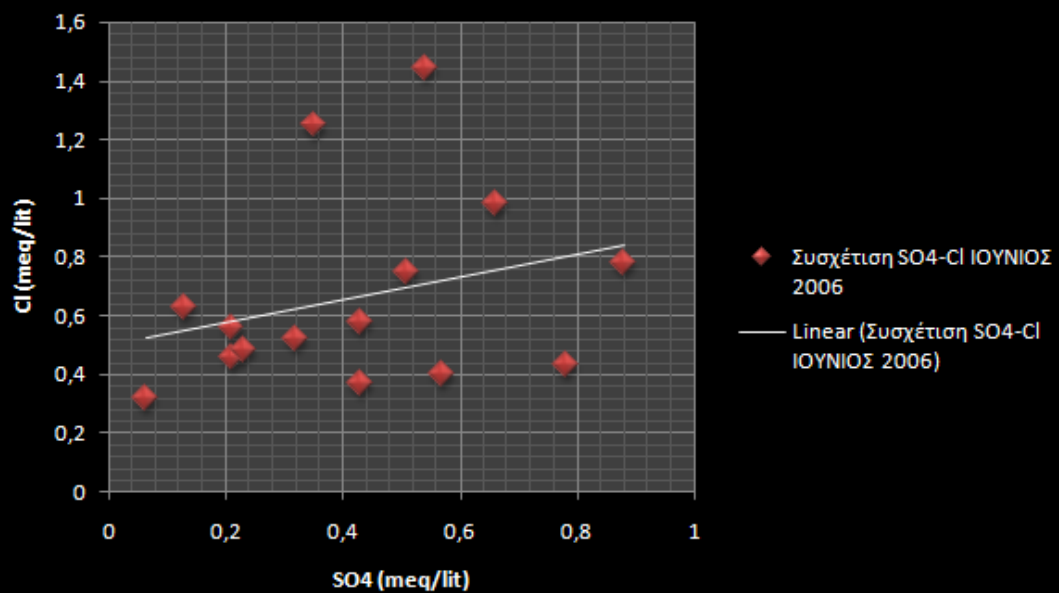
Συσχέτιση K-Mg ΙΟΥΝΙΟΣ 2006



Συσχέτιση SO₄-Cl ΙΟΥΝΙΟΣ 2005



Συσχέτιση SO₄-Cl ΙΟΥΝΙΟΣ 2006



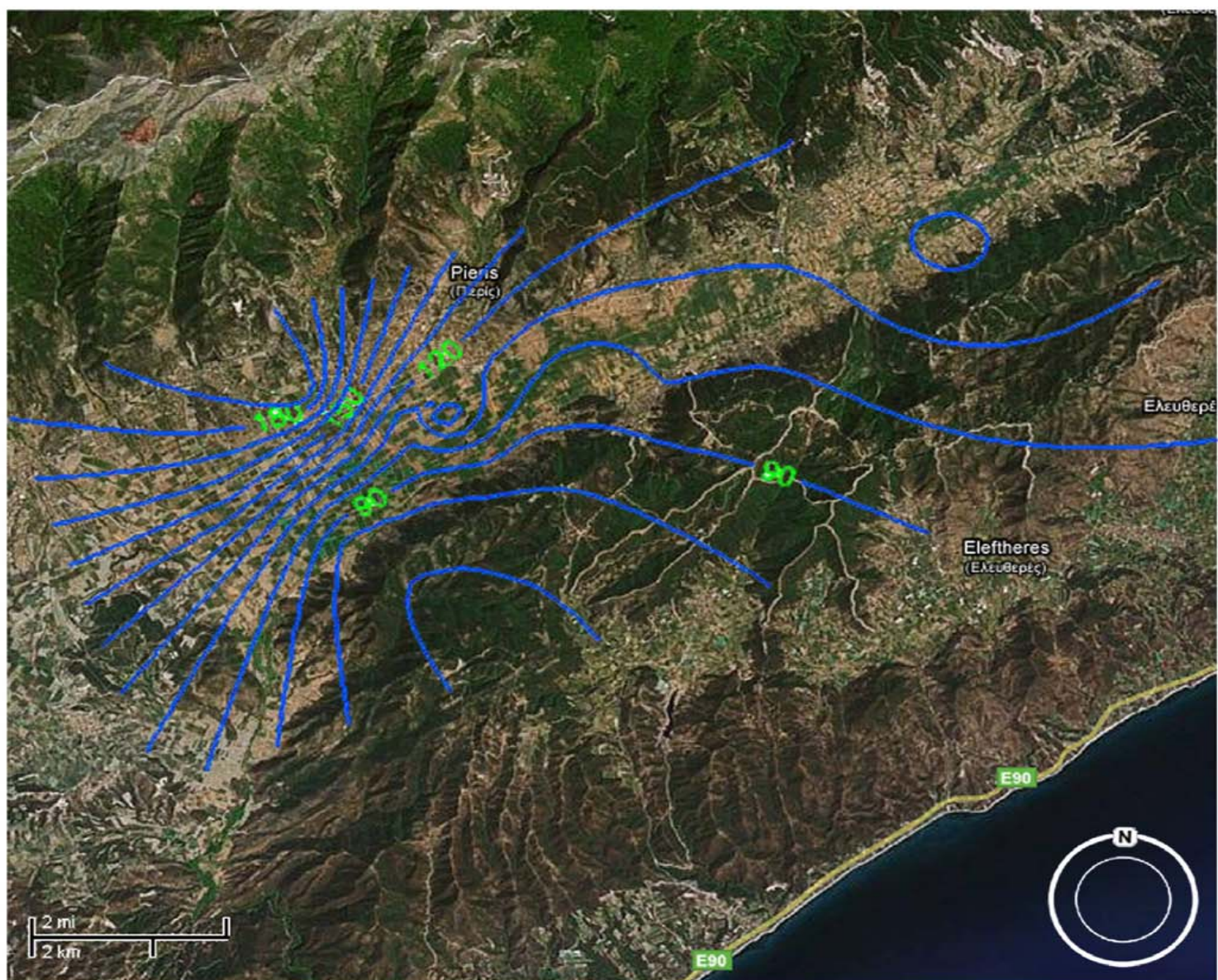
3.ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ

Παρακάτω παρουσιάζεται η πιεζομετρική κατάσταση του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής σε χάρτες κατανομής πιεζομετρικής στάθμης, επίσης τα αντίστοιχα δεδομένα των στάθμεων σε απόλυτο υψόμετρο παρουσιάζονται σε πίνακα παρακάτω. Τα δεδομένα της πιεζομετρίας προέρχονται από μετρήσεις των περιόδων 2005-2007.

Αυτό που παρατηρείται άμεσα στα στοιχεία που παρουσιάζονται παρακάτω είναι η σταθερή ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας κάθε χρόνο. Στους χάρτες όπου παρουσιάζεται η διαφορά της στάθμης από τον Απρίλιο του 2006 μέχρι τον Απρίλιο του 2007 και από τον Δεκέμβριο του 2006 μέχρι τον Νοέμβριο του 2007, παρατηρείται πτώση της στάθμης, η οποία είναι πιο έντονη στο βορειο-ανατολικό τμήμα της λεκάνης. Γενικότερα παρατηρούνται υψηλότερες στάθμες στο βορειο-ανατολικό τμήμα της λεκάνης σε σχέση με το νοτιο-ανατολικό.

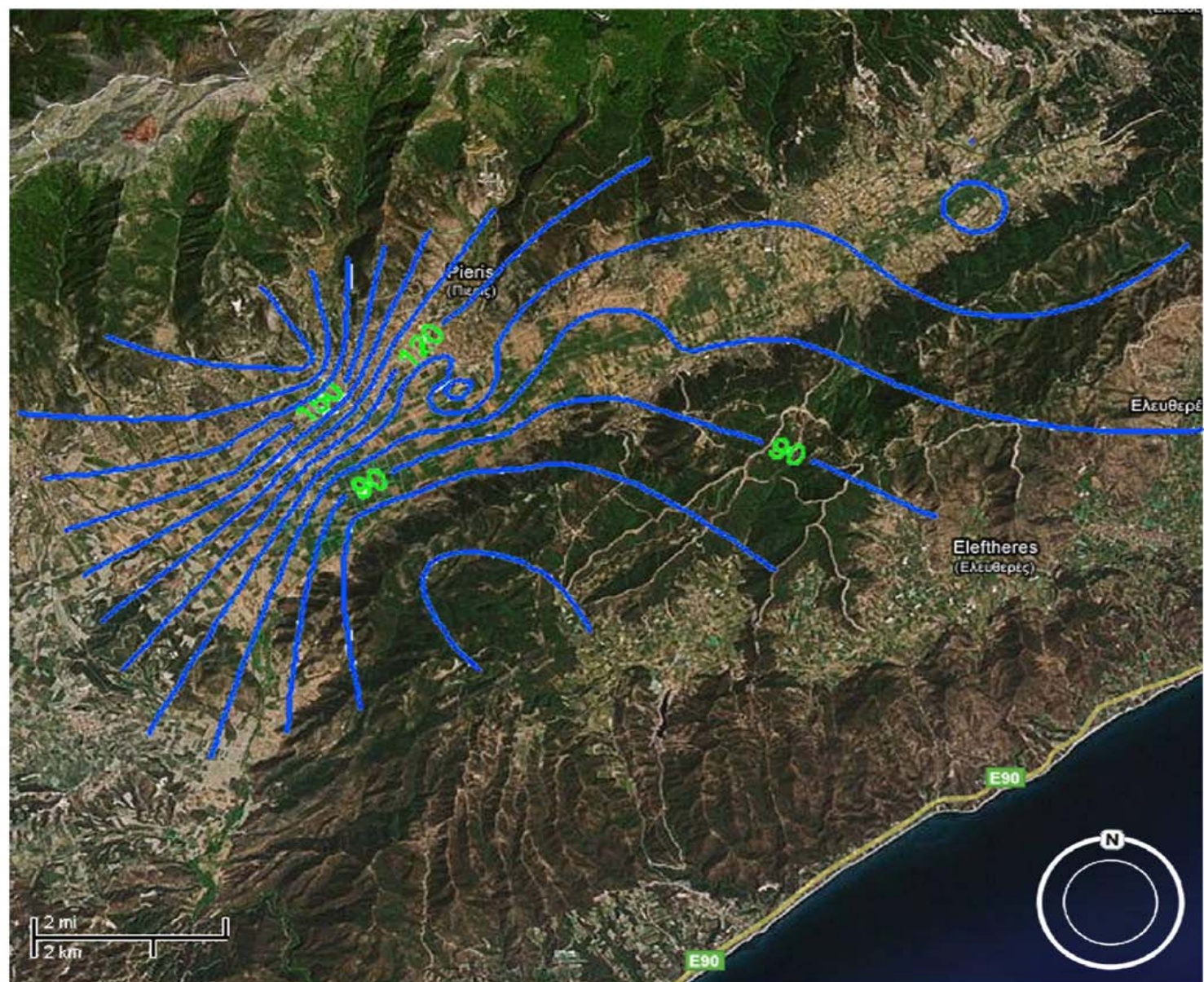
	Μαϊ-05	Νοε-05	Απρ-06	Ιουν-06	Δεκ-06	Ιαν-07	Απρ-07	Νοε-07	Διαφορά στάθμης Απρ07- Απρ06	Διαφορά στάθμης Νοε07- Δεκ06
ΜΚ1	122,3	121,3	122,3	121,8	121,3	121,3	120,9	120,3	-1,4	-1
ΜΚ2	125,8	124,8	125,8	125,3	124,8	124,72	124,8	123,8	-1	-1
ΜΑ1	110,5	109,5	112,5	109	110	109,8	109,4	108,8	-3,1	-1,2
ΜΣ2	103,2	103,2	103,8	103,2	103,91	102,96	102,97	102,8	-0,83	-1,11
ΜΣ3	101	100,5	101,4	100,5	100,8	100,8	100,44	100,3	-0,96	-0,5
ΜΣ5	94,6	94,1	95,1	94,1	94,03	94,03	94,11	93,5	-0,99	-0,53
ΜΔ6	93,5	93	94	93	92,65	92,65	92,72	92,56	-1,28	-0,09
ΜΜ5	98,4	97,9	98,9	98,4	98,06	98,06	98,11	98,07	-0,79	0,01
ΜΜ6	108,3	109,3	114,5	113,8	111,82	111,82	111,25	107,86	-3,25	-3,96
ΜΜ7	86,9	86,9	87,4	87,1	87,05	86,7	87	86,5	-0,4	-0,55
ΜΜΣ2	93,9	92,6		94,1	93,45	93,45	93,06	93,2		-0,25
ΜΜΣ4	84,5	83,8	84,3	84	84	84	84,06	84,2	-0,24	0,2
ΜΠΛ3	105,5	103	105,2	109	106,5	106,5	105,2	102,42	0	-4,08
ΜΠΛ9	106,6	102,2	111	111,8	110,3	101	101,9	99,9	-9,1	-10,4
ΜΠΛ12	102,2	109,6	111,6	114,6	112,66	112,66	112,01	109,03	0,41	-3,63
ΜΠΛ14	199,1	182,9	204,1	196,6	187,02	187,02	184,8	189,06	-19,3	2,04
ΜΠ1	76,1	76,3	78,6	78	77,56	76,96	76,1	77,02	-2,5	-0,54
ΜΠ3	101,8	98,3	101,3	103,2	102	102	101,44	99,7	0,14	-2,3
ΜΠ6	75,4	75,2	75,7	75,5	75,04	75,04	75,03	75,41	-0,67	0,37
ΜΠ8	153,7	151,7	154,7	153,7	152,64	152,64	152,49	152,18	-2,21	-0,46
ΜΠ10	134,1	133,1	133,1	132,7	132,4	132,4	133,14	132,46	0,04	0,06

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΣΤΑΘΜΕΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΚΑΙ ΣΕ ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ.



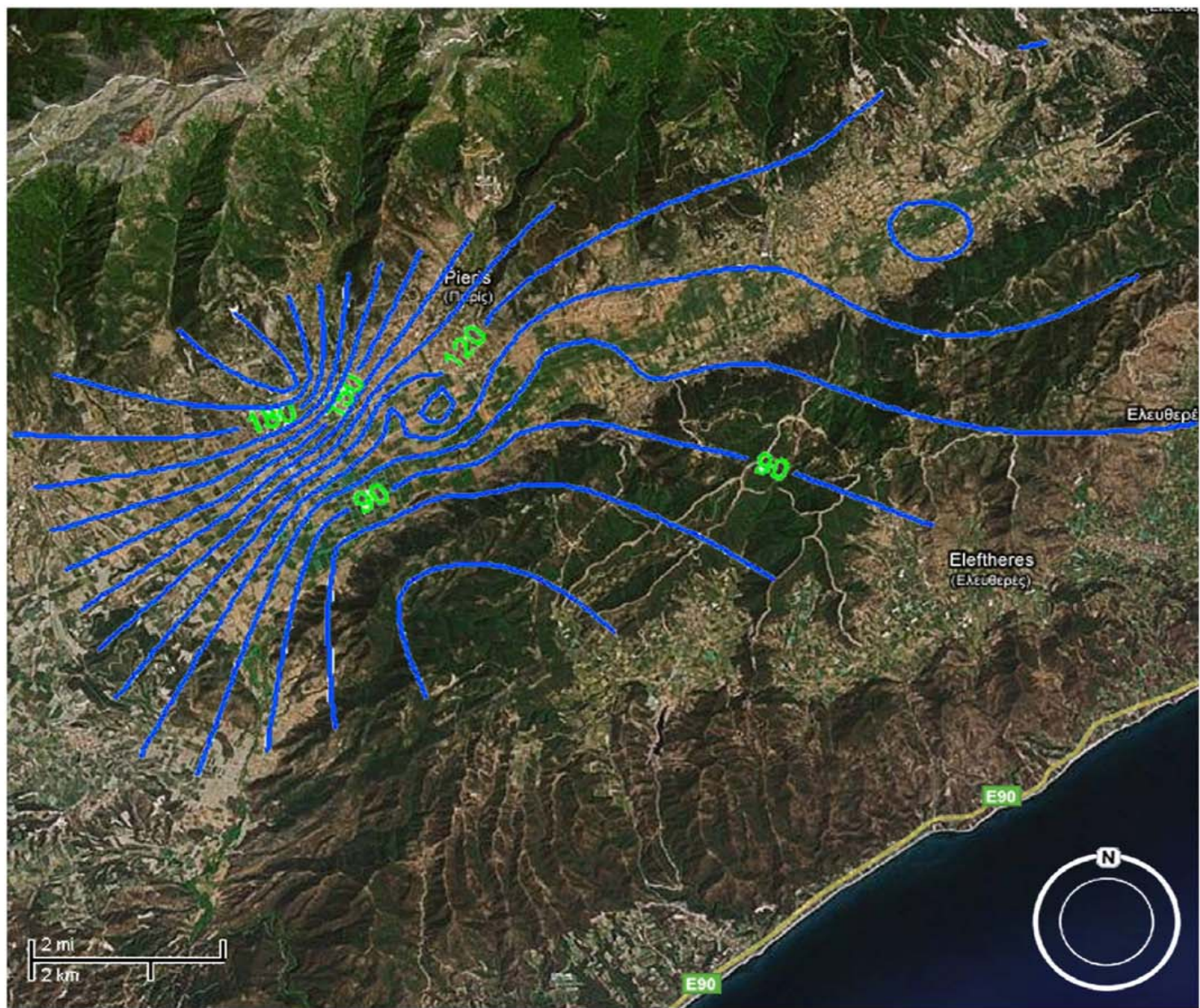
ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Μάιος 2005



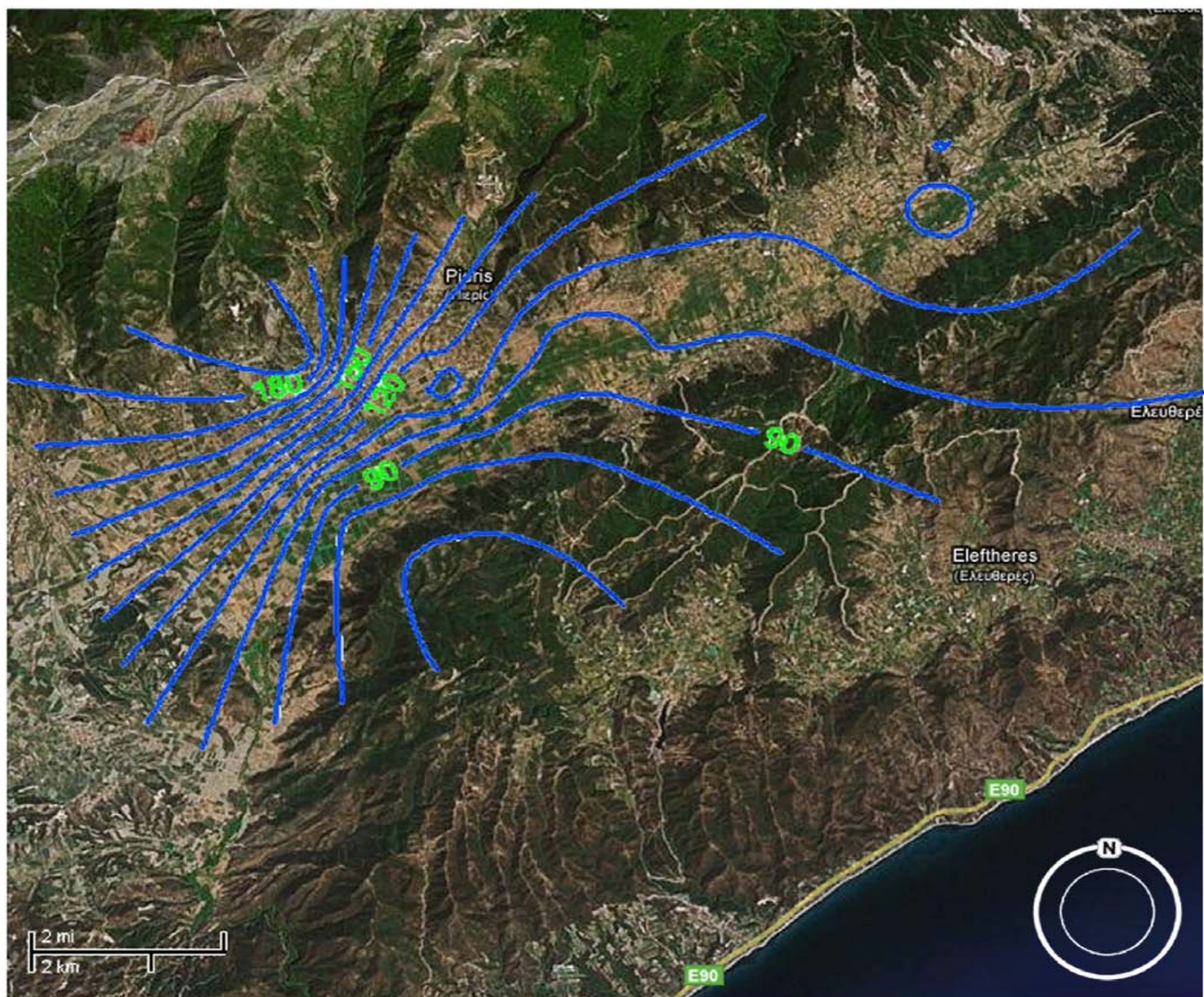
ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Νοέμβριος 2005



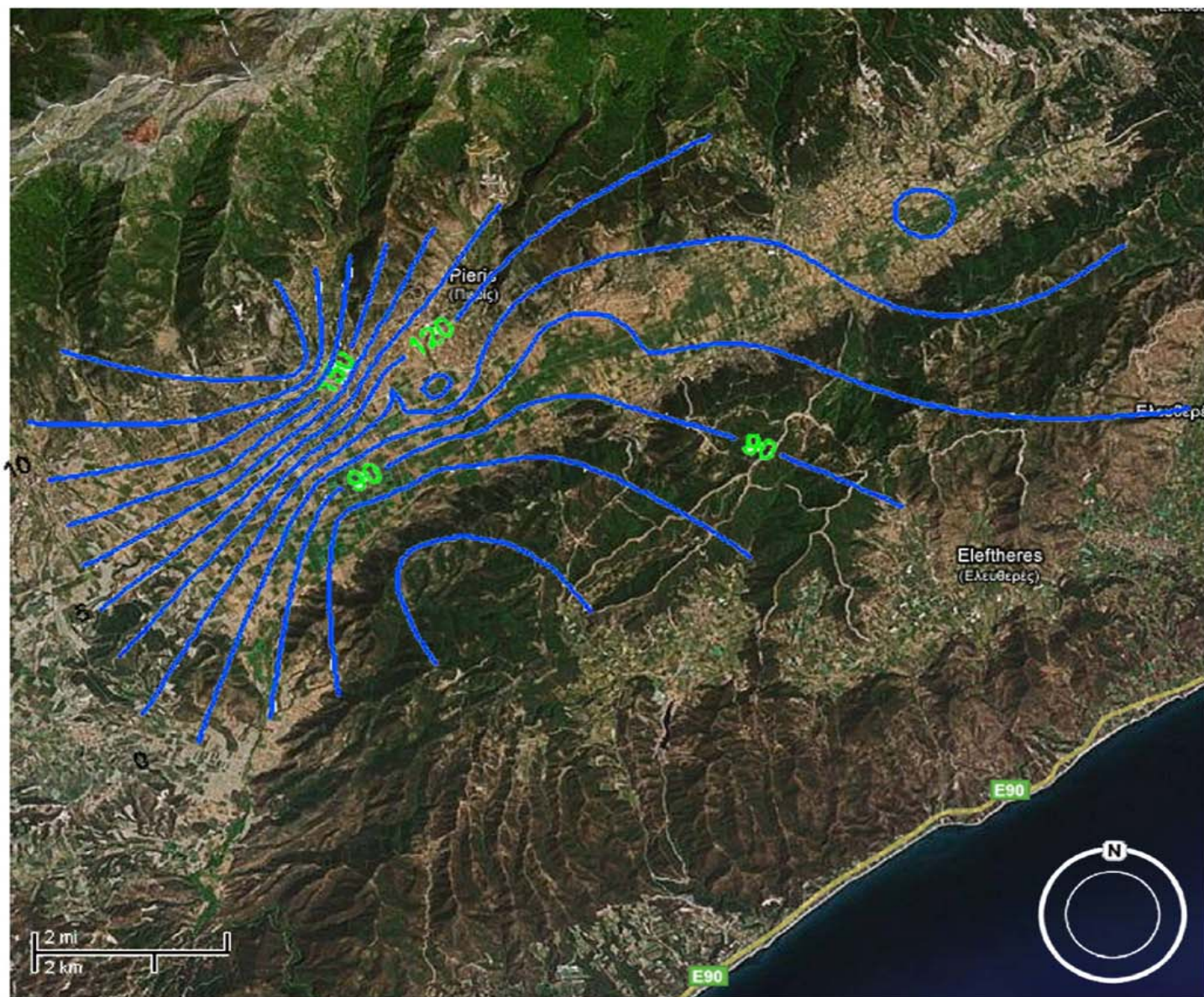
ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Απρίλιος 2006



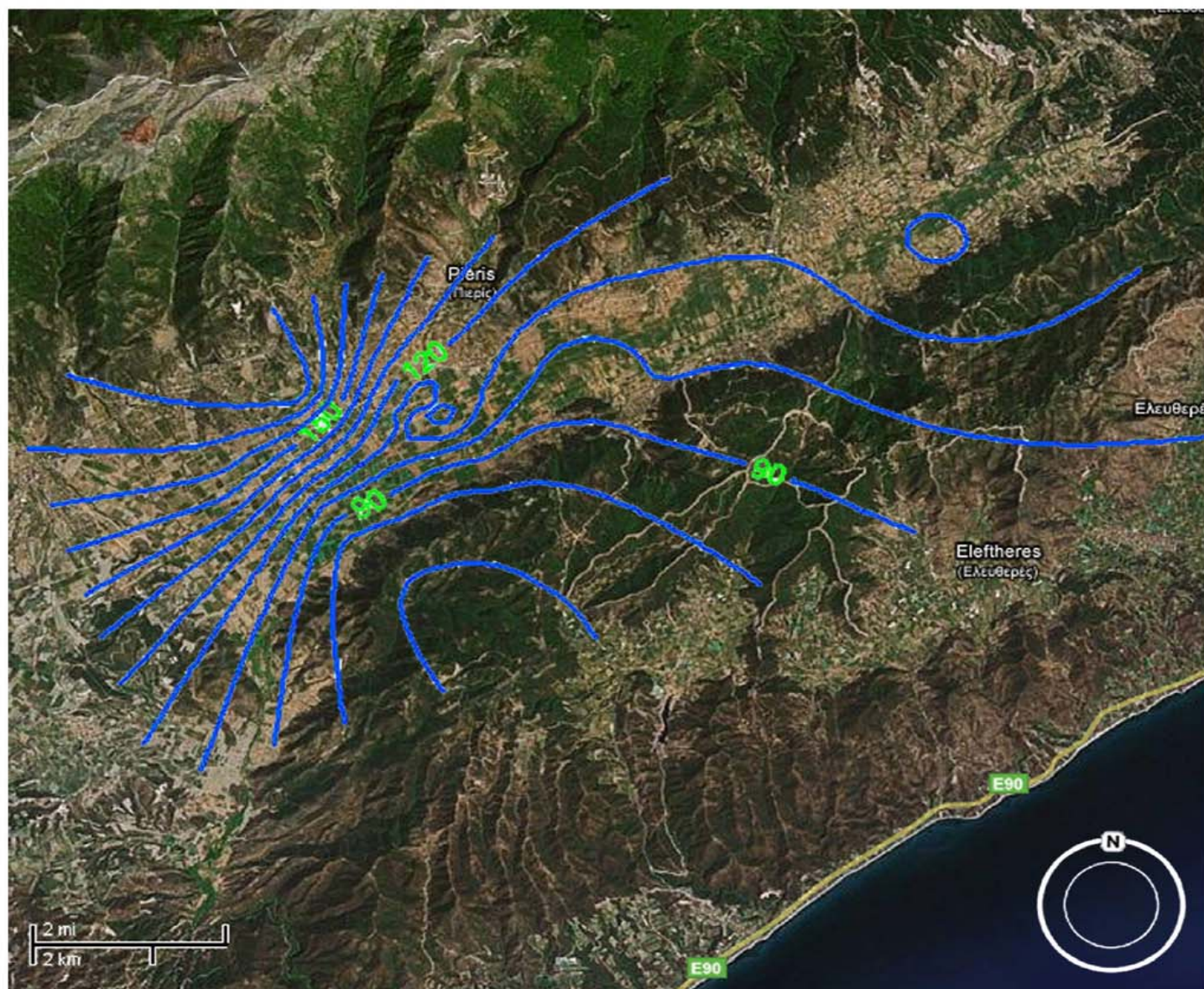
ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Ιούνιος 2006



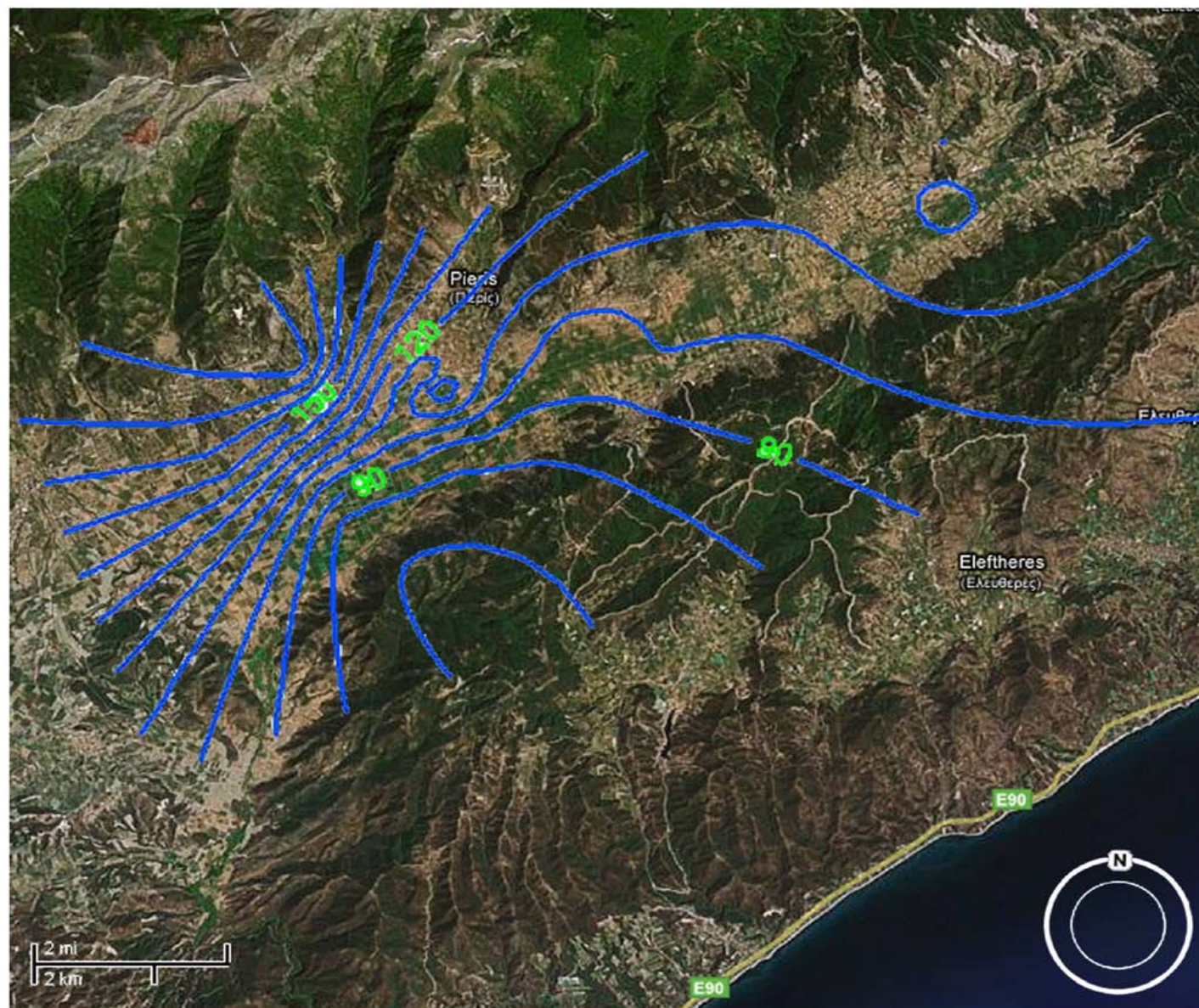
ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Δεκέμβριος 2006



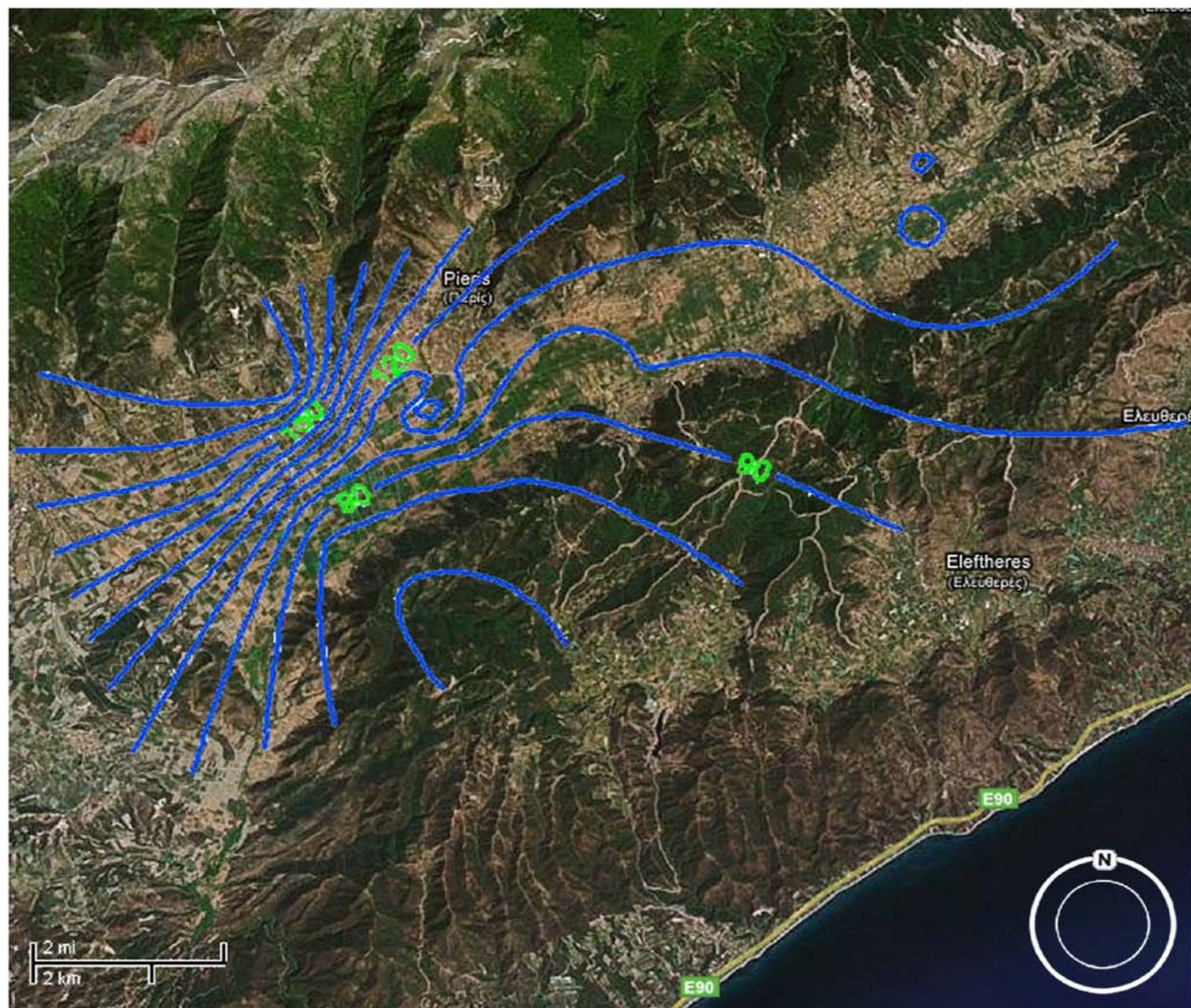
ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Ιανουάριος 2007



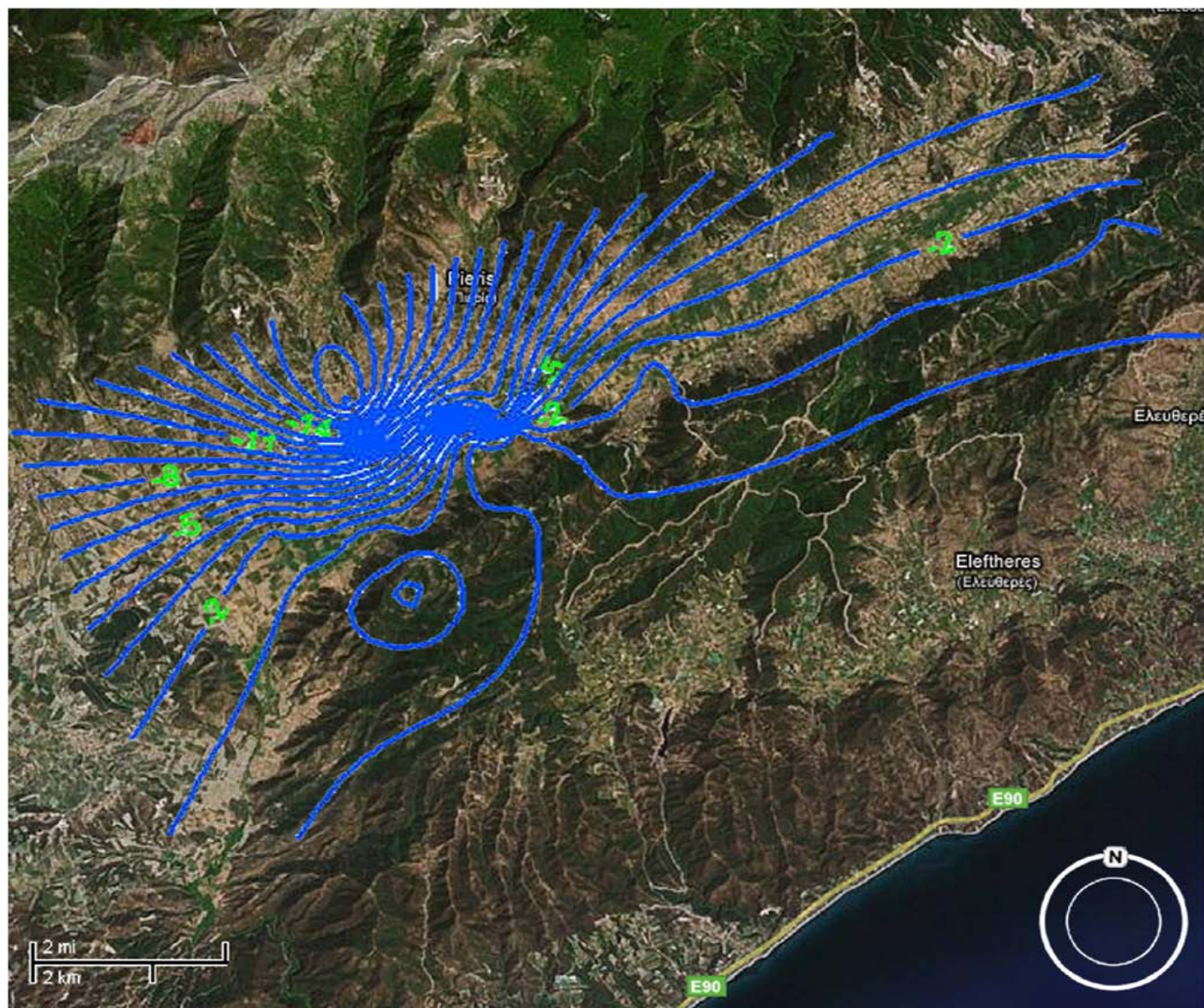
ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Απρίλιος 2007



ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Νοέμβριος 2007



ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΔΙΑΦΟΡΑΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Απρ 06 - Απρ 07



ΧΑΡΤΗΣ
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΔΙΑΦΟΡΑΣ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ

Δεκ 06 - Νοέμβ 07

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μελετώντας όλα τα στοιχεία που παραθέτονται παραπάνω και με βάση τους θεματικούς χάρτες, τα διαγράμματα και τα λοιπά στοιχεία, μπορούμε να καταλήξουμε στα εξής συμπεράσματα όσο αναφορά την ποιότητα του νερού, αλλά και την πιεζομετρική κατάσταση του υδροφόρου ορίζοντα.

- Κάθε χρόνο παρατηρείται πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, όπως αυτή μετρήθηκε σε διαφορετικές γεωτρήσεις και σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα.
- Σύμφωνα με το διάγραμμα κατά Piper (1944) μπορούμε να κατατάξουμε το νερό της λεκάνης με βάση τα ανιόντα σε ανθρακικό, με βάση τα κατιόντα σε ασβεστόχνο και ως προς το σύνολο σε ασβεστο-μαγνησιούχο ανθρακικό.
- Σύμφωνα με το διάγραμμα κατά Wilcox (1950) με βάση τον δείκτη SAR συμπεραίνεται ότι το νερό είναι καλής μέχρι μέτριας ποιότητας και ως εκ τούτου πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαρέα εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά, καθώς και με επιφύλαξη στα ευαίσθητα φυτά.
- Από την μελέτη των ιοντικών λόγων μπορούμε να συμπεραίνουμε ότι: το νερό προέρχεται από ασβεστολιθικά υδροφόρα στρώματα ή αντίστοιχα μεταμορφωμένα, το νερό είναι βρόχινο αλλά υπάρχουν και περιοχές εμπλουτισμού των υδροφορέων. Επίσης μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν περιοχές όπου το νερό είναι θειούχο χλωριούχο, κάποιες άλλες περιοχές που το νερό είναι χλωριοθειούχο και

κάποιες που είναι λιγότερες από τις προηγούμενες όπου το νερό είναι χλωριούχο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δημόπουλος Γ. 1978, Περί του σχηματισμού των υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης μεταξύ των ορέων Παγγαίου – Συμβόλου (Πιερία Λεκάνη), Διδακτορική διατριβή, από σελ.203, Θεσσαλονίκη

Kromberg P. Schenck F. P. 1974, Χάρτης του ΙΓΜΕ, φύλλο "Νικησιανή- Λουτρά Ελευθερών", Λιθοπρίντ, Αθήνα

Μουντράκης Δ. 1985, Γεωλογία της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Σούλιος Γ. 2006, Γενική Υδρογεωλογία, Δ τόμος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Υπουργείο Ανάπτυξης, 2003 Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, εκπόνηση: ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, ΚΕΠΕ, Αθήνα

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Βικιπαιδεια, λήμμα Δήμος Πιερέων
Ανακτήθηκε στις 29 Μαρτίου 2008,
[El.wikipedia.org/wiki](http://el.wikipedia.org/wiki)

Δήμος Πιερέων Νομού Καβάλας, 2000
Ανακτήθηκε στις 6 Μαρτίου 2008,
<http://www.who-is-who.gr/page.asp?id=31850>

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Παραγωγικοί Κλάδοι, Έγχειρις Βελτιώσεις, Ποταμός Μαρμαρά
Ανακτήθηκε στις 12 Απριλίου 2008,
<http://www.minagric.gr/greek/2.9.3.MARMARAS.html>

