



**Τ.Ε.Ι. Κρήτης**  
Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος



---

**ΥΔΡΟΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ  
ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ  
ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ, ΚΡΗΤΗ**

---



Βάσσου Γιώργος    Α.Μ. 1417  
Πασχάλη Γεωργία    Α.Μ. 1530

Επιβλέπων Καθηγητής  
Σουπιός Παντελής

Χανιά  
2015

## **ABSTRACT**

This thesis negotiates the hydro-geochemical study of selected wells and boreholes in the wider basin of Keritis. These measurements were taken in the framework of the research project Archimedes III, AQUADAM. Aim of this study is to identify the qualitative characteristics of groundwater of the region study. Also in this thesis there is a presentation of all available geoenvironmental data in Geographic Information Systems.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική διαπραγματεύεται την υδρογεωχημική μελέτη επιλεγμένων πηγών και γεωτρήσεων στην ευρύτερη λεκάνη του Κερίτη. Οι μετρήσεις αυτές πάρθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού έργου Αρχιμήδης ΙΙΙ, AQUADAM. Σκοπός της εργασίας είναι να προσδιοριστούν τα ποιτικά χαρακτηριστικά του υπόγειου υδροφόρου της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Επίσης στην παρούσα διπλωματική γίνεται παρουσίαση όλων των διαθέσιμων γεωπεριβαλλοντικών στοιχείων σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

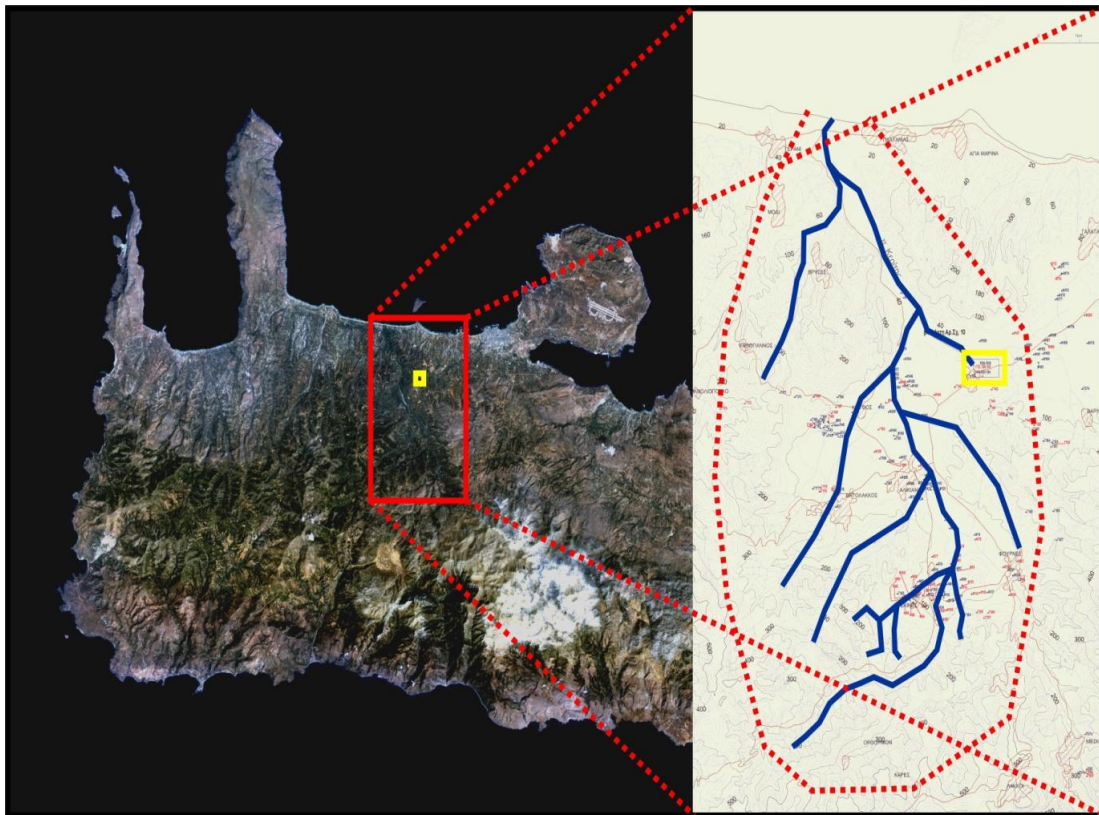
## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>5</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ.....</b>	<b>7</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ Γ.Σ.Π.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 ΚΕΡΙΤΗΣ.....</b>	<b>17</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΔΙΟΥ.....</b>	<b>33</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>37</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>46</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους πολυτιμότερους θησαυρούς που ο πλανήτης μας κρύβει μέσα του είναι τα υπόγεια και επιφανειακά νερά. Είναι τα αποθέματα γλυκού νερού που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, αποθηκευμένα στους πόρους κορεσμένων υπόγειων γεωλογικών σχηματισμών, με κίνηση σταθερή και αργή. Και καθώς το νερό είναι η βασικότερη προϋπόθεση για την ύπαρξη ζωής, οι υδροφορείς επηρεάζουν καθοριστικά τα οικοσυστήματα και τις δραστηριότητες του ανθρώπου σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της Γης. Η ρύπανση των υδροφορέων αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες απειλές στον πλανήτη σήμερα καθώς μάλιστα τα αποθέματα γλυκού νερού περιορίζονται δραστικά, από τις ολοένα και μεγαλύτερες πιέσεις που προέρχονται από την κλιματική αλλαγή και την αύξηση του πληθυσμού.

Για αυτό το λόγο είναι μείζων σημασίας η παρακολούθηση και κατανόηση των επιφανειακών και υπόγειων υδροφορέων. Στην παρούσα διπλωματική γίνεται υδρογεωχημική μελέτη της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη που έχει έκταση 176 km<sup>2</sup> περίπου. Βρίσκεται στο Βόρειο κεντρικό τμήμα της επαρχίας Κυδωνίας του νομού Χανίων, με διεύθυνση τον άξονα Βορράς- Νότος και σε μέση απόσταση από την πόλη των Χανίων, 15 km περίπου. Εκτείνεται από βορά από το Γεράνι έως τον Γαλατά φτάνοντα ζυγιάς μέχρι τις κορυφές των Λευκών Ορέων. Πρόκειται για μια από τις σημαντικότερες υδρολογικές λεκάνες του νομού Χανίων.



**Εικόνα 1.1** Αεροφωτογραφία Νομού Χανίων, προσδιορισμός της περιοχής μελέτης-λεκάνη Κερίτη.

Εντός της περιοχής λεκάνης περιλαμβάνονται τα χωριά Αγυιά, Αλικιανός, Βαρύπετρο, Βατόλακκος, Βρύσες, Καρές, Κουφός, Λάκκοι, Μόδι. Μυλωνιανά, Μεσκλά, Ορθούνη, Πλατανιάς, Σκινές, Φουρνές, Ψαθογιάννος

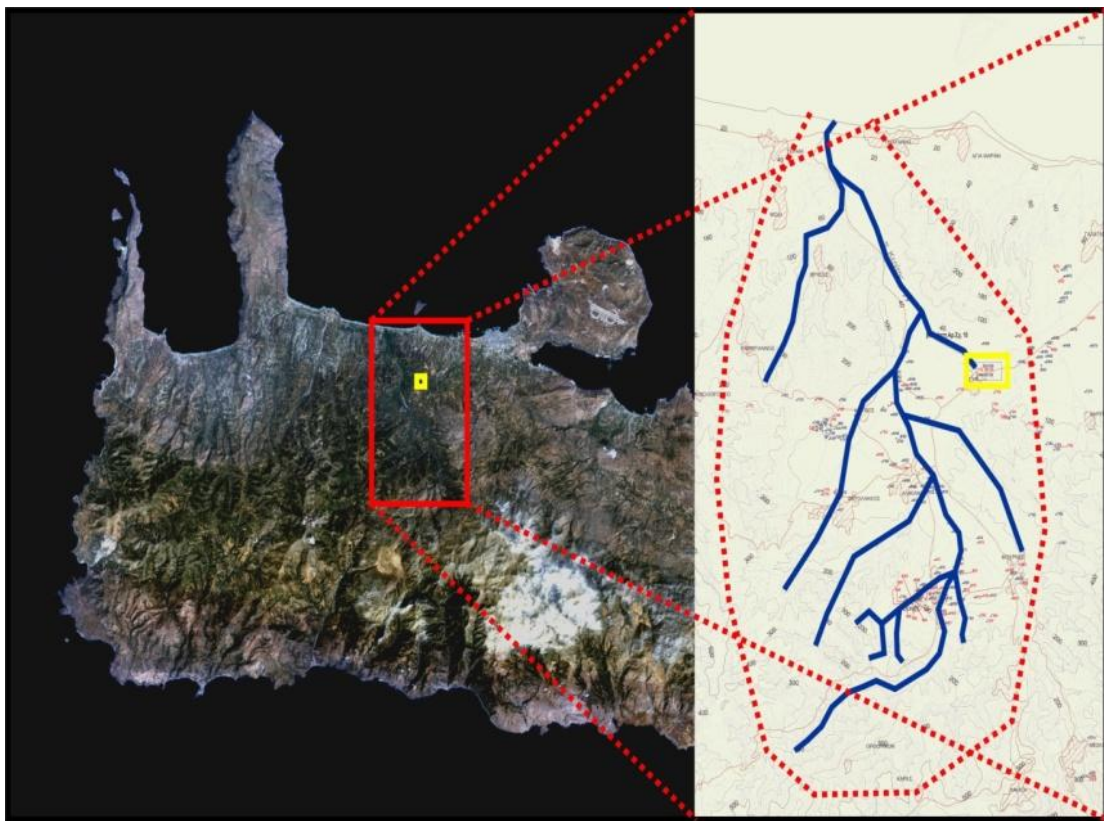
Γεωλογικά η λεκάνη Κερίτη χαρακτηρίζεται από τρεις κύριους γεωλογικούς σχηματισμούς (Ριγλής 1996):

- Ανθρακικά πετρώματα. Καταλαμβάνουν το ΝΑ τμήμα της, και επεκτείνονται πολύ νοτιότερα, και εκτός της εν λόγω υδρολογικής λεκάνης, έως τον κύριο ασβεστολιθικό όγκο των λευκών Ορέων.
- Φυλλίτες-Χαλαζίτες. Συναντώνται στο ΝΑ-κεντρικό τμήμα της λεκάνης, επίσης εμφανίζονται σε μικρότερη έκταση και στο Βόρειο τμήμα της.
- Νεογενείς σχηματισμοί. Στη λεκάνη Κερίτη αναπτύσσονται τα κροκαλοπαγή, νότια της Αγυιάς, στην ευρύτερη περιοχή Χοιροσπηλίου. Είναι ανθρακικής προέλευσης με ανθρακικό συνδετικό υλικό, με γνώρισμα την ψηλή υδροπερατότητά τους. Επίσης, πρέπει να επισημανθεί, ότι η ύπαρξη νεογενών πετρωμάτων (μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, μάργες, γύψοι κ.ά.) στην περιοχή Βλυχάδες, είναι πιθανή. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι δυο ανωτέρω σχηματισμοί βρίσκονται σε τεκτονική επαφή, και οριοθετούν δύο ημιανεξάρτητα υδρογεωλογικά συστήματα.
- Τεταρτογενείς σχηματισμοί. Είναι οι νεότερες αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από αδρομερή εν γένει υλικά, καθώς και αργίλους, άμμους κλπ, και καταλαμβάνουν ένα σημαντικό τμήμα της λεκάνης στην περιοχή Αγυιάς, Αλικιανού, Βατόλακκου, Σκινέ, Κουφού, με σημαντικό πάχος και αξιόλογη υδροφορία. Οι σχηματισμοί αυτοί όσον αφορά το πάχος τους αλλά και την υδροφορία που παρουσιάζουν, δεν έχουν διερευνηθεί πλήρως.

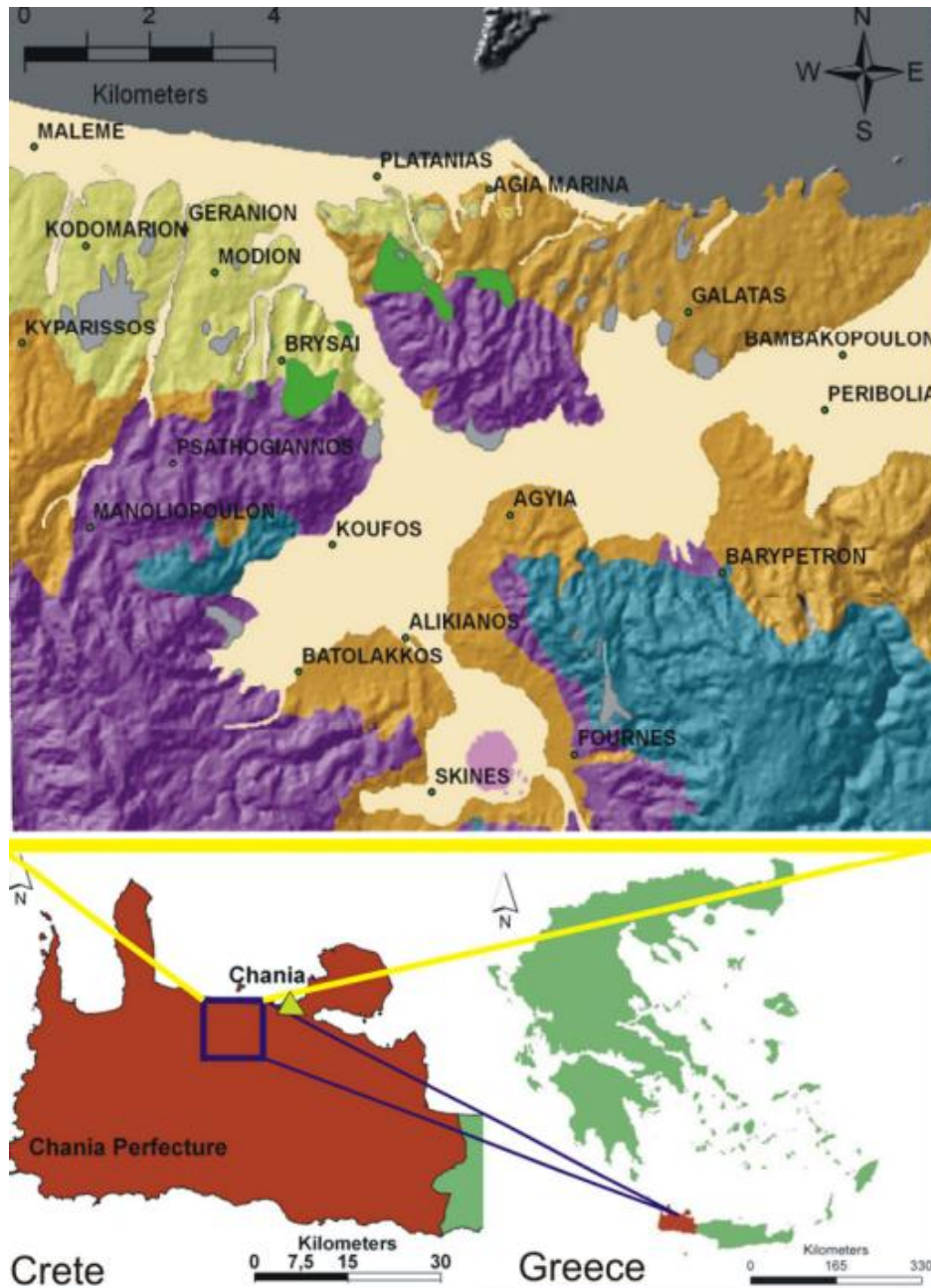
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Η Υδρολογική Λεκάνη του Κερίτη έχει έκταση 176 km<sup>2</sup> περίπου. Βρίσκεται στο Βόρειο κεντρικό τμήμα της επαρχίας Κυδωνίας του νομού Χανίων, με διεύθυνση τον άξονα Βορράς- Νότος και σε μέση απόσταση από την πόλη των Χανίων, 15 km περίπου. Εκτείνεται από βορά από το Γεράνι έως τον Γαλατά φτάνοντας νοτίως μέχρι τις κορυφές των Λευκών Ορέων. Πρόκειται για μια από τις σημαντικότερες υδρολογικές λεκάνες του νομού Χανίων.

Εντός της περιοχής λεκάνης περιλαμβάνονται τα χωριά Αγυιά, Αλικιανός, Βαρύπετρο, Βατόλακκος, Βρύσες, Καρές, Κουφός, Λάκκοι, Μόδι. Μυλωνιανά, Μεσκλά, Ορθούνη, Πλατανιάς, Σκινές, Φουρνές, Ψαθογιάννος.



**Σχήμα 2.1** Αεροφωτογραφία Νομού Χανίων, προσδιορισμός της περιοχής μελέτης-λεκάνη Κερίτη.



Σχήμα 2.2 Περιοχή μελέτης σε διάφορες κλίμακες.

Στην υδρολογική λεκάνη Κερίτη, σημαντική είναι η παρουσία δύο βασικών υδρογεωλογικών συστημάτων και ενός δευτερεύοντος (ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους και όχι ως προς την δυναμικότητα τους). Τα συστήματα αυτά είναι:

- Το υπόγειο υδρογεωλογικό σύστημα των περάτων ανθρακικών σχηματισμών, που βρίσκονται στην ανατολική πλευρά της λεκάνης Μυλωνιανά - Φουρνές - Μεσκλά, με κύρια τροφοδοσία από τους νοτιότερα ευρισκόμενους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, που επιτείνονται έως τον κύριο ορεινό ανθρακικό όγκο των Λευκών Ορέων. Στο βόρειο τμήμα του ο ανθρακικός αυτός σχηματισμός διακόπτεται τεκτονικά (Μυλωνιανά,



Αγιά) με ρήγμα διεύθυνσης Α-Δ, που έχει σαν αποτέλεσμα την πλευρική επαφή με τον αδιαπέρατο φυλλιτικό σχηματισμό (που βρίσκεται βορειότερα), και τη δημιουργία των πηγών υπερπλήρωσης της Αγιάς σε υψόμετρο 40m περίπου (Πλάτανος -Κολύμπα -Καλαμιώνας). Τα υδρολογικά στοιχεία των πηγών αυτών βρίσκονται στον πίνακα (2.1).

Εκτός του συνολικού όγκου νερού των ετησίων απορροών των πηγών Αγιάς (πίνακας 2.1), πρέπει να τονιστεί η ύπαρξη ενός μόνιμου αποθέματος στην λεκάνη τροφοδοσίας των πηγών, του οποίου δεν είναι γνωστό ούτε το μέγεθος, ούτε η ποσότητα ύδατος, ούτε τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του. Εκτιμάται όμως η ύπαρξη μεγαλύτερων ποσοτήτων ύδατος από αυτές που απορρέουν ετησίως από τις πηγές. Αναφέρεται, ότι στη λεκάνη τροφοδοσίας των πηγών λειτουργούν τρεις γεωτρήσεις, του ΟΑΔΥΚ, στα Μυλωνιανά με 2.700 m<sup>3</sup>/h, και δύο στον Φούρνε με 260 m<sup>3</sup>/h (μερική αναρίθμηση των πηγών). Ποιοτικά το νερό των πηγών της Αγιάς είναι καλής ποιότητας, κατάλληλο για υδρευτική και αρδευτική χρήση, ενώ το νερό των πηγών του Καλαμιώνα παρουσιάζει αυξημένη αγωγιμότητα, λόγω της παρουσίας των Γύψων (μεγάλη συγκέντρωση σε θειικά). Επίσης, πιθανή είναι και η παρουσία υδρόθειου.

- Ένα επιφανειακό υδρογεωλογικό σύστημα των φυλλιτών-χαλαζιτών στο νότιο τμήμα της λεκάνης, οι οποίοι σαν αδιαπέρατος σχηματισμός συγκεντρώνουν επιφανειακά τις βροχοπτώσεις που πέφτουν πάνω στους χείμαρρους Μαύρο ποταμό, Βαλσαμιώτη, Φαζάς, Αλικιανιώτης, και οι οποίοι συγκλίνουν στον Κερίτη, στο ύψος του Σκινέ-Αλικιανού. Στοιχεία για τις απορροές αυτών των παραποτάμων δεν υπάρχουν.

Στο ΝΑ τμήμα των φυλλιτών στο χωριό Μεσκλά και στην τεκτονική επαφή τους με τους ασβεστόλιθους, που επεκτείνονται νοτιότερα, σε υψόμετρο 210m, εμφανίζονται οι πηγές των Μεσκλών (Παναγιά-Κεφαλοβρύσια) με τροφοδοσία από τους ασβεστόλιθους και απορροή επιφανειακά επί των φυλλιτών του Κερίτη. Ποιοτικά το νερό των Μεσκλών είναι καλό (πίνακας 2.2).

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ 1970-1984	ΜΕΣΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΜΑΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1970-1984	ΜΕΣΗ ΠΑΡΟΧΗ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1970-1984
7.855 m <sup>3</sup> /h	7.772 m <sup>3</sup> /h	6.750 m <sup>3</sup> /h
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΘΕΡΙΝΟΣ ΟΓΚΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ
69.000.000 m <sup>3</sup>	33.500.00 m <sup>3</sup>	4.860.000 m <sup>3</sup>

**Πίνακας 2.1** Στοιχεία πηγών Αγιάς (Ρίγλης, 1996, σελ.129)

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ 1970-1993	ΜΕΣΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΜΑΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1970-1993	ΜΕΣΗ ΠΑΡΟΧΗ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1970-1993
3.452 m <sup>3</sup> /h	1,875 m <sup>3</sup> /h	1,166 m <sup>3</sup> /h
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΘΕΡΙΝΟΣ ΟΓΚΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ
3.000.000 m <sup>3</sup>	8.100.000 m <sup>3</sup>	840.000 m <sup>3</sup>

**Πίνακας 3.2** Στοιχεία πηγών Μεσκλών (Ρίγλης, 1996, σελ.130)

- Στο δευτερεύον υδρογεωλογικό σύστημα των τεταρτογενών αποθέσεων, που υπέρκειται των φυλλιτών στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης Κερίτη και στα χωριά Σκινές, Αλικιανός, Φουρνές, Βατόλακκος, Κουφός η τροφοδοσία του γίνεται από τον Κερίτη, από την απ' ευθείας επιφανειακή απορροή των φυλλιτών, που βρίσκονται νοτιότερα, και από υπόγειες πλευρικές μεταγίσεις των ανάντη ευρισκομένων ανθρακικών σχηματισμών.

Πρέπει να τονιστεί η ιδιαιτερότητα αυτής της λεκάνης των τεταρτογενών ως προς την ποιότητα του νερού, η οποία παρουσιάζεται διαφορετική στην περιοχή Σκινέ-Αλικιανού στο νότιο τμήμα της, από εκείνο του Κουφού, ΒΔ τμήμα, γεγονός που οδηγεί στην σκέψη της ύπαρξης δυο υπολεκανών στη περιοχή. Επίσης, γίνεται εκμετάλλευση της υδρογεωλογικής λεκάνης των τεταρτογενών με αξιόλογες γεωτρήσεις (πίνακας 2.3) μεγάλων παροχών με μικρές πτώσεις στάθμης, γεγονός που δεικνύει και την δυναμικότητα του υδροφορέα η οποία υπολογίζεται, σύμφωνα με τη μελέτη για την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού Δυτικής Κρήτης (ΟΑΔΥΚ), ότι η υδατοχωρικότητα της λεκάνης είναι της τάξεως των 22.000.000 m<sup>3</sup> (έργο 372702).

ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ - ΥΔΡΟΛΗΨΙΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	ΠΑΡΟΧΗ
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗ	19	2.350 m <sup>3</sup> /h
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	7	1000 m <sup>3</sup> /h
ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ ΤΟΕΒ ΜΕΣΚΛΩΝ	2 ΠΗΓΕΣ	350 m <sup>3</sup> /h
ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ ΤΟΕΒ ΦΟΥΡΝΕ	1 ΠΗΓΗ	350 m <sup>3</sup> /h
ΣΥΝΟΛΟ	29	4.050 m <sup>3</sup> /h

**Πίνακας 2.3** (Ρίγλης, 1996, σελ. 129)

Κοντά στην περιοχή της Αγιάς, η οποία και μας ενδιαφέρει, παρατηρούνται μειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής διαπερατότητας, κροκαλοπαγή και μαργαικοί ασβεστόλιθοι. Αναπτύσσονται επιμέρους υπόγειες υδροφορίες μέσου έως μικρού δυναμικού. Νοτιοδυτικά και νοτιοανατολικά της περιοχής της Αγιάς έχουμε μικρά δείγματα πρακτικά αδιαπέρατων ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμών μικρής ή μεγάλης διαπερατότητας. Έχουμε εναλλαγές χαλαζιτών και μαρμάρων. Νοτιοανατολικά της περιοχής επίσης, παρατηρούνται σχηματισμοί υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας, ρωγμές, οπότε η κυκλοφορία του νερού εδώ

γίνεται μέσω δευτερογενούς πορώδους. Επίσης έχουμε στην ίδια θέση την εμφάνιση γύψων όπου αναπτύσσεται υψηλού δυναμικού υπόγεια υδροφορία εξαιτίας της διάλυσης τους, “ψευδοκάρστ” με υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα.

Εστιάζοντας στην περιοχή της Αγιάς, εντοπίστηκε ρηξιγενής ζώνη με κατεύθυνση βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά, παράλληλα στην Εθνική οδό να περνά μέσα από την περιοχή της Αγιάς. Η ύπαρξη αυτού του ρήγματος δρα ως το μέσο της υπόγειας κυκλοφορίας του νερού με την προαναφερθείσα κατεύθυνση. Μελετώντας και τις γύρω περιοχές της Αγιάς, Βαρύπετρο, Φουρνές, Αλυκιανός, παρατηρούμε την ύπαρξη μικρών ρηγμάτων τα οποία όμως δεν συνδέονται με το μεγάλο ρήγμα που περνά μέσα από την περιοχή της Αγιάς.

Μετά την επιγραμματική περιγραφή των υδρογεωλογικών συνθηκών στην περιοχή της λεκάνης του Κερίτη της επαρχίας Κυδωνίας και τις ήδη υπάρχουσες γεωλογικές-υδρογεωλογικές μελέτες προκύπτουν οι παρακάτω γενικές παρατηρήσεις - συμπεράσματα:

- Το όλο υδρογεωλογικό σύστημα είναι σύνθετο, και απαιτεί προσεκτικές επεμβάσεις σταδιακού χαρακτήρα, με άμεση και συνεχή παρακολούθηση κάθε σταδίου.
- Από τις πηγές Αγιάς αξιοποιείται ουσιαστικά μόνο ο θερινός όγκος νερού, ο οποίος μπορεί να αυξηθεί, με περαιτέρω αναρίθμηση τους, επηρεάζοντας ακόμη περισσότερο τις πηγές, εφόσον βέβαια υπάρξει συναίνεση από τους ενδιαφερόμενους φορείς. Με τις σημερινές συνθήκες από το ευρύτερο σύστημα Κερίτη-Αγιάς-Μεσκλών εκμεταλλεύονται ετησίως 36.000.000 m<sup>3</sup> νερού, τα οποία χρησιμοποιούν οι διάφοροι ΤΟΕΒ, ο Δήμος Χανίων και ο ΟΑΔΥΚ. Οι συνολικές ετησίως ποσότητες που απορρέουν από το παραπάνω σύστημα ανέρχονται, σύμφωνα με παλαιότερες μελέτες, μετρήσεις και εκτιμήσεις στα 120.000.000 m<sup>3</sup>, χωρίς να λαμβάνονται υπ'όψιν τα μόνιμα αποθέματα των ανθρακικών σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής, τα οποία δεν είναι γνωστά.
- Οι πηγές Μεσκλών, σε συνδυασμό με τις επιφανειακές απορροές της ευρύτερης υδρογεωλογικής λεκάνης του Κερίτη συμβάλλουν στην τροφοδοσία του εκτεταμένου υδροφορέα των τεταρτογενών. Στις πηγές αυτές δεν είναι δυνατή η αναρίθμηση. Τα 2/3 του συνολικού όγκου νερού απορρέουν τον χειμώνα με σημαντικές διακυμάνσεις μέσα στην ίδια περίοδο (πλημμυρικές περιοχές).
- Οι τεταρτογενές αποθέσεις αποτελούν πλούσιο υδροφόρο ορίζοντα για την περιοχή, και υπάρχουν δυνατότητες περαιτέρω αξιοποίησή τους.
- Η δέσμευση επιφανειακών νερών γενικά μειώνει την τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ Γ.Σ.Π.

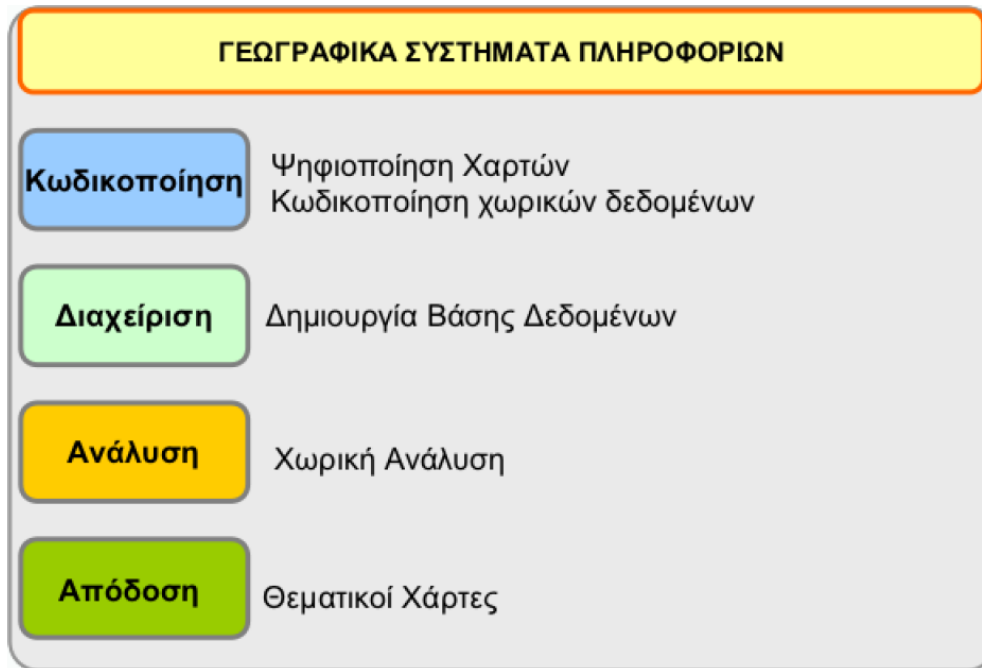
Όλοι χρησιμοποιούν γεωγραφικές πληροφορίες, μερικοί σε καθημερινή βάση και άλλοι περιστασιακά. Αυτό συμβαίνει γιατί οι άνθρωποι χρειάζονται να γνωρίζουν που βρίσκονται, που κατευθύνονται, πόσο μακριά βρίσκονται, τι συναντούν. Οι γεωγραφικές πληροφορίες μπορούν να περιγραφούν ως οι πληροφορίες που συνδέονται με μια συγκεκριμένη τοποθεσία κάτω, πάνω ή στην επιφάνεια της γης και αυτός ο σύνδεσμος μπορεί να είναι συντεταγμένες ενός χάρτη, μια περιοχή ή ακόμα και μια οδός.

Οι γεωγραφικές πληροφορίες αυξάνουν την γνώση και μειώνουν την αβεβαιότητα και είναι συνεπώς απαραίτητες για την διαχείριση του περιβάλλοντος, το σχεδιασμό νέων στόχων και της ανάπτυξης της συνεργασίας.

Σήμερα υπάρχει η μοντέρνα τεχνολογία η οποία ονομάζεται Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών - ΓΣΠ (Geographic Information Systems (GIS)) και η οποία έχει δραστικά μεταβάλλει τον τρόπο που μπορούμε να δουλέψουμε με τις γεωγραφικές πληροφορίες. Τα ΓΣΠ είναι τμήμα του φαινομένου της παγκοσμιοποίησης. Υπάρχει ένα μεγάλο ποσό χωρικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, το οποίο είναι αποθηκευμένο από διάφορους οργανισμούς σε όλο τον κόσμο. Η αναζήτηση χωρικών δεδομένων, ο εντοπισμός τους, η απόκτησή τους και ο συγκερασμός τους έχει γίνει μια πρόκληση. Τα ΓΣΠ έχουν σχεδιαστεί για να διαχειρίζονται αυτές τις πληροφορίες σε απλά θέματα ή σε πολύπλοκους συνδυασμούς για ακριβή ανάλυση. Αποτελούν ιδιαίτερα πολύτιμο εργαλείο τόσο για την έρευνα όσο καθώς και για την λήψη αποφάσεων. Η δύναμη αυτών των εργαλείων εξαρτάται όχι μόνο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά αλλά και από την ποιότητα των εισαγόμενων δεδομένων.

Για να ορίσουμε τα ΓΣΠ, μπορούμε είτε να εξηγήσουμε την λειτουργία τους είτε να εστιάσουμε στις συνιστώσες τους. Μια απευθείας ανάλυση των αρχικών ΓΣΠ δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα:

- (Γ) Γεωγραφικά : Δηλώνει ενδιαφέρον για την χωρική ταυτότητα ή την τοποθεσία συγκεκριμένων διακριτών οντοτήτων (αντικειμένων) στην, κάτω ή πάνω από την επιφάνεια της γης.
- (Σ) Συστήματα : Δηλώνει την ανάγκη για επιστημονικό προσωπικό, μονάδες υπολογιστών και λογισμικά τα οποία μπορούν να παράγουν τα δεδομένα που απαιτούνται για την λήψη αποφάσεων δηλαδή, συλλογή δεδομένων, επεξεργασία δεδομένων και παρουσίαση αυτών.
- (Π) Πληροφοριών : Δηλώνει την ανάγκη πληροφόρησης προκειμένου να παρθούν αποφάσεις. Τα δεδομένα ερμηνεύονται προκειμένου να δημιουργηθούν πληροφορίες χρήσιμες για την λήψη αποφάσεων.



**Σχήμα 3.1** Σχηματική απόδοση της διαδικασίας σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων με την βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται για επιστημονικές έρευνες, διαχείριση των φυσικών πόρων, αναπτυξιακό σχεδιασμό καθώς και σε πολλές ακόμα εφαρμογές.

Για να λειτουργήσει ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών απαιτούνται τα εξής τέσσερα συστατικά :

1. Υπολογιστικό Σύστημα και τα Περιφερειακά του.
  - Έναν προσωπικό υπολογιστή (PC) ή ένα σταθμό εργασίας (workstation).
  - Ένα σύστημα απεικόνισης που να υποστηρίζει έγχρωμες γραφικές απεικονίσεις υψηλής ανάλυσης.
  - Ένα σύστημα αποθήκευσης με υψηλή χωρτικότητα
  - Ένα σύστημα παρουσίασης των αποτελεσμάτων σε έντυπη μορφή:
    - Εκτυπωτές (Printers)
    - Αυτόματους Σχεδιαστές (Plotters)

## 2. Λογισμικό

Ένα λογισμικό ΓΣΠ θα πρέπει να παρέχει δυνατότητες ψηφιοποίησης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και εξαγωγής των δεδομένων. Κρίνεται επίσης απαραίτητο ένα λογισμικό δημιουργίας Βάσης Δεδομένων.

### 1. Δεδομένα

Τα δεδομένα που εισάγονται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

- Χωρικά Δεδομένα.

- Μη χωρικά ή Περιγραφικά Δεδομένα.

## 2. Ανθρώπινο δυναμικό

Το προσωπικό το οποίο χειρίζεται ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών πρέπει να είναι άρτια εκπαιδευμένο. Εκτός όμως από τους επαγγελματίες και τους επιστήμονες, και οι χρήστες των χαρτών, συμμετέχουν στην δομή των ΓΣΠ αφού αυτοί είναι οι τελικοί καταναλωτές. Μερικά παραδείγματα ανθρώπων οι οποίοι περιέχονται στην δομή των ΓΣΠ είναι:

- Οι τεχνικοί
- Οι επιστήμονες
- Οι σύμβουλοι
- Οι χαρτογράφοι: οι παραγωγοί του τελικού προϊόντος των ΓΣΠ
- Οι αναλυτές: Εφαρμόζουν μεθόδους προκειμένου να επιλύσουν γεωγραφικά προβλήματα
- Οι υπεύθυνοι Βάσεων Δεδομένων: «χτίζουν», ανανεώνουν και ελέγχουν τις βάσεις δεδομένων.

Η λειτουργία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών βασίζεται σε μια βάση δεδομένων η οποία αποτελείται από πολλά πληροφοριακά επίπεδα τα οποία αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή. Κάθε ένα από αυτά τα επίπεδα, περιέχει είτε μη επεξεργασμένα δεδομένα όπως τοπογραφικά, δορυφορικά είτε περιγραφικές πληροφορίες όπως είναι το είδος των πετρωμάτων, το είδος της βλάστησης, κ.τ.λ.. Όλα τα παραπάνω επίπεδα, είναι αυστηρά προσανατολισμένα σε ένα κοινό γεωγραφικό σύστημα, ώστε να καθίσταται δυνατός ο συνδυασμός ορισμένων ή όλων από αυτά ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Ο αντικειμενικός σκοπός της συλλογής και απόθηκευσης των δεδομένων σε μια βάση είναι η συσχέτιση γεγονότων και καταστάσεων τα οποία προηγουμένως ήταν χωριστά. Για παράδειγμα, όλοι οι δρόμοι μπορεί να είναι σε ένα επίπεδο και όλα τα ποτάμια σε ένα άλλο επίπεδο.

Τα κύρια επίπεδα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω σε υπο-επίπεδα όπως για παράδειγμα τύποι δρόμων, εθνικοί, επαρχιακοί, κ.τ.λ.. Μια «έξυπνη» διάκριση των επιπέδων κάνει πιο εύχρηστα τα δεδομένα και επιτρέπει στον χρήστη να ελέγχει τα αντικείμενα με τα οποία θέλει να εργαστεί. Τα επίπεδα λοιπόν θα πρέπει να ονομάζονται με ονόματα που μπορεί κανείς να αντιλαμβάνεται γρήγορα και εύκολα. Για παράδειγμα, ένας χάρτης μπορεί να έχει τους δρόμους του σε ένα επίπεδο το οποίο θα ονομάζεται «ΔΡΟΜΟΙ», τις γέφυρες σε ένα επίπεδο που θα ονομάζεται «ΓΕΦΥΡΕΣ», κ.τ.λ.



**Σχήμα 3.2** Τα ΓΣΠ αποθηκεύουν πληροφορίες για τον κόσμο με την μορφή επιπέδων και αποδίδουν αυτές τις πληροφορίες σαν χάρτες. Μπορεί να περιλαμβάνουν πληροφορίες όπως ο πληθυσμός, τα μεταφορικά μέσα, τα πολιτικά όρια, τα εδάφη, τα επιφανειακά νερά, οι υδροφόροι, οι χρήσεις γης, κ.τ.λ. Η Γεωγραφία είναι αυτή που ενώνει τα επίπεδα αυτά, ενώ τα ΓΣΠ είναι ένα εργαλείο το οποίο μας επιτρέπει να δούμε και να κατανοήσουμε την σχέση μεταξύ αυτών των επιπέδων πληροφοριών, με τελικό σκοπό την λήψη αποφάσεων.

Ένας χάρτης αναπαριστά γεωγραφικά χαρακτηριστικά ή άλλα χωρικά φαινόμενα συγχωνεύοντας τα χωρικά δεδομένα με τις ιδιότητες των χαρακτηριστικών. Πιθανές πηγές προέλευσης των δεδομένων είναι οι αισθητήρες οργάνων, οι ήδη υπάρχοντες αναλογική χάρτες και οι επιτόπιες μετρήσεις. Τα χωρικά δεδομένα περιγράφουν την θέση των αντικειμένων (χαρακτηριστικών) πάνω στην Γήινη επιφάνεια καθώς και την μεταξύ των αντικειμένων χωρική σχέση (π.χ. την μικρότερη απόσταση ή την εγγύτητα). Οι μη χωρικές ή περιγραφικές πληροφορίες περιγράφουν ιδιότητες των αντικειμένων όπως το όνομά τους, το είδος τους ή ποσοτικές πληροφορίες, όπως το μήκος ή η περίμετρος των αντικειμένων.

Τα δεδομένα που εισάγονται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ανάλογα με το περιεχόμενό τους διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Χωρικά Δεδομένα

Χωρικά δεδομένα διατίθενται με ολοένα αυξανόμενους ρυθμούς σε ψηφιακή μορφή. Τα δεδομένα αυτά είναι συνήθως διαθέσιμα από κυβερνητικές υπηρεσίες και άλλες πηγές (στην Ελλάδα τέτοιες πηγές είναι η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), κλπ.). Μια κύρια πηγή δεδομένων είναι οι δορυφορικές εικόνες οι οποίες προέρχονται από δορυφόρους όπως SPOT και Landsat.

Η χωρική πληροφορία συνήθως αναπαρίσταται από σημεία όταν πρόκειται για χαρακτηριστικά όπως είναι οι γεωτρήσεις, τα ταχυδρομεία, οι σταθμοί πρώτων βοηθειών, τα δέντρα, κ.τ.λ., από γραμμές όταν πρόκειται για χαρακτηριστικά όπως τα ποτάμια, οι ισουψείς, οι δρόμοι, κ.τ.λ. και από πολύγωνα (περιοχές) για αντικείμενα όπως οι νομοί, οι λίμνες, οι χρήσεις γης, οι γεωλογικοί σχηματισμοί, κ.ά.. Ειδικότερα:

- **Σημειακά Χαρακτηριστικά (Point features):** Ένα σημειακό χαρακτηριστικό αντιπροσωπεύει μια μόνο χωρική τοποθεσία. Καθορίζει δε, ένα χαρακτηριστικό πολύ μικρό για να περιγραφεί χαρτογραφικά με μια γραμμή ή ένα πολύγωνο.
- **Γραμμικά Χαρακτηριστικά (Line features):** Ένα γραμμικό χαρακτηριστικό αποτελείται από μια ομάδα ενωμένων συντεταγμένων και αντιπροσωπεύει το γραμμικό σχήμα ενός χαρακτηριστικού το οποίο είναι πολύ στενό για να απεικονιστεί ως ένα πολύγωνο.
- **Πολυγωνικά Χαρακτηριστικά (Polygon features):** Ένα πολυγωνικό χαρακτηριστικό είναι μια κλειστή περιοχή της οποίας τα όρια περικλείουν μια ομοιογενή περιοχή.

Τα χωρικά δεδομένα μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή κατάλληλη για χρήση από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Μπορούν δε, να έχουν δύο μορφές:

- Μορφή διανύσματος ή πολυγώνου (vector) : η δομή αυτή έχει ως βασική μονάδα το διάνυσμα και είναι κατάλληλη στις περιπτώσεις όπου χωρικά δεδομένα είναι δυνατό να οριστούν ακριβώς με την χρήση γραμμών και όταν επιδιώκεται ο ακριβής εντοπισμός των αντικειμένων στον χώρο. Με την χρήση της μορφής διανύσματος, απαιτείται λιγότερος χώρος στον υπολογιστή, ενώ διάφορα χαρακτηριστικά όπως οι ισουψείς ή άλλα σημεία ενδιαφέροντος μπορούν με ευκολία να εντοπισθούν, να ανακτηθούν και να επεξεργαστούν μεμονωμένα.
- Μορφή κανάβου (raster) : στην δομή αυτή, ο χώρος υποδιαιρείται σε όμοια τετράγωνα. Η θέση ενός σημείου ορίζεται από την γραμμή και την στήλη του κανάβου στην οποία εμπίπτει. Τα συστήματα κανάβου είναι συμβατά με άλλα δεδομένα όπως τα δορυφορικά.

## 2. Μη Χωρικά ή Περιγραφικά Δεδομένα

Τα περιγραφικά δεδομένα (attribute information) περιγράφουν τις ιδιότητες των



αντικειμένων. Για παράδειγμα, ένα περιγραφικό δεδομένο που σχετίζεται με έναν δρόμο μπορεί να είναι το όνομά του, το πλάτος του, η πληροφορία αν είναι ασφαλτοστρωμένος ή όχι, ή η ημερομηνία κατασκευής του. Τα περιγραφικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων η οποία αποθηκεύεται ξέχωρα από το γραφικό τμήμα του χάρτη. Τα λογισμικά πακέτα GIS διατηρούν εσωτερικούς δεσμούς κάθε γραφικής οντότητας του χάρτη με την περιγραφική πληροφορία. Η φύση των δεσμών αυτών ποικίλει ανάλογα με το λογισμικό πακέτο.

Τα πλεονεκτήματα των ΓΣΠ είναι τα εξής :

- Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή με αποτέλεσμα να καταλαμβάνουν μικρό χώρο.
- Έχουν την ικανότητα να διαχειρίζονται μεγάλες ποσότητες χωρικών πληροφοριών.
- Έχουν την ικανότητα να διαχωρίζουν τις πληροφορίες σε επίπεδα (layers) και να τις συνδυάζουν με άλλα επίπεδα πληροφοριών.
- Έχουν αναπτυχθεί με την συγχώνευση πολλών διαφορετικών τεχνικών:
- Υποστηρίζουν τις παραδοσιακές μεθόδους γεωγραφικής ανάλυσης.
- Το τελικό προϊόν είναι θεματικοί χάρτες.
- Παρέχουν νέους τρόπους ανάλυσης και μοντελοποίησης των δεδομένων.
- Παρέχουν την δυνατότητα για εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων η οποία επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και την ανάλυση των μεταβολών οι οποίες έλαβαν χώρα μεταξύ δύο ή περισσότερων χρονικών περιόδων.
- Μειώνουν την ανάγκη χειρωνακτικών μεθόδων.
- Χαρτογραφούν, μοντελοποιούν, αναζητούν και αναλύουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων μέσα σε μία μόνο απλή βάση δεδομένων.
- Σε πολλές περιπτώσεις η ανάλυση πραγματοποιείται με πολύ μικρότερο κόστος από ότι με τις κλασικές μεθόδους.
- Δίνουν την δυνατότητα για καλή επαγγελματική αποκατάσταση αφού ζούμε στην εποχή της πληροφορίας.

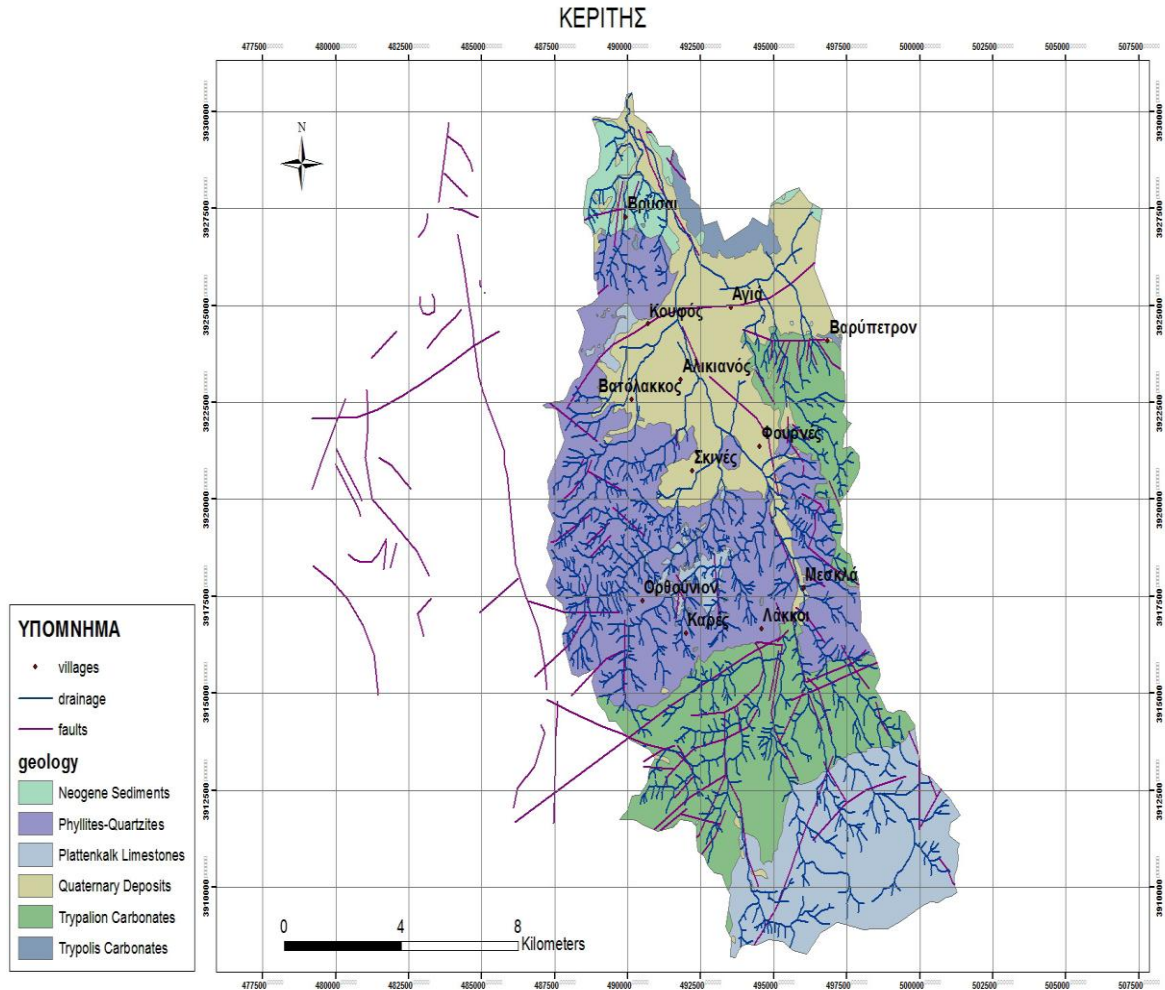
Τα μειονεκτήματα των ΓΣΠ είναι τα εξής :

- Το αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος είναι αρκετά υψηλό.
- Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος απαιτεί άρτια εκπαιδευμένο προσωπικό.
- Υπάρχουν προβλήματα κατά την μετατροπή και καταχώρηση ορισμένων προϋπαρχόντων δεδομένων στην βάση δεδομένων. Απαιτούν μεγάλη διαδικασία για την επιβεβαίωση της ακεραιότητας των πληροφοριών.

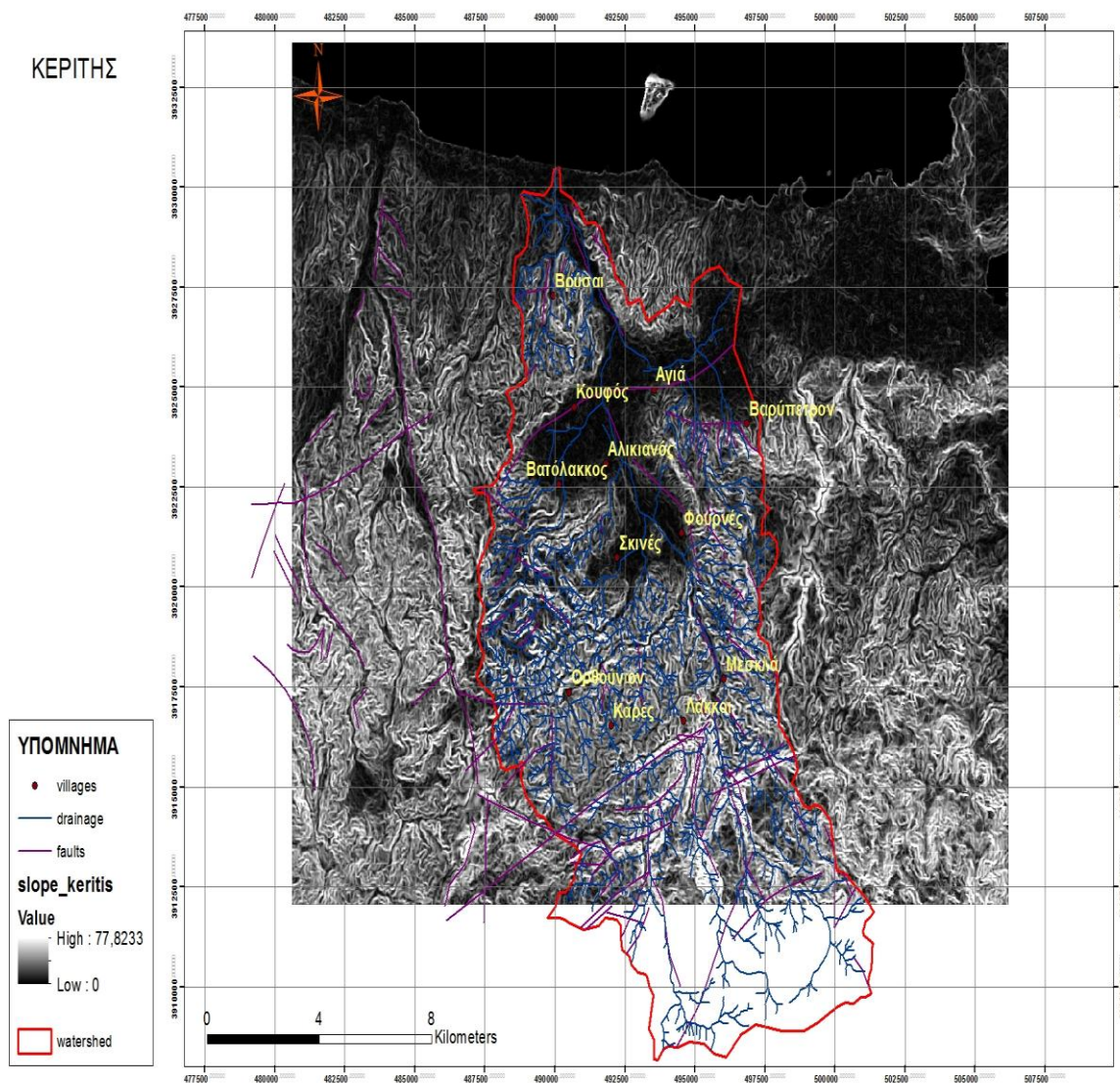
### 3.1 ΚΕΡΙΤΗΣ

Παρακάτω γίνεται αποδελτίωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων και των διαθέσιμων αποτελεσμάτων από επεξεργασία ΓΣΠ που κατασκευάστηκαν στα πλαίσια υλοποίησης δράσεων του Υποέργου 13 «Διεπιστημονική μελέτη για την διερεύνηση,

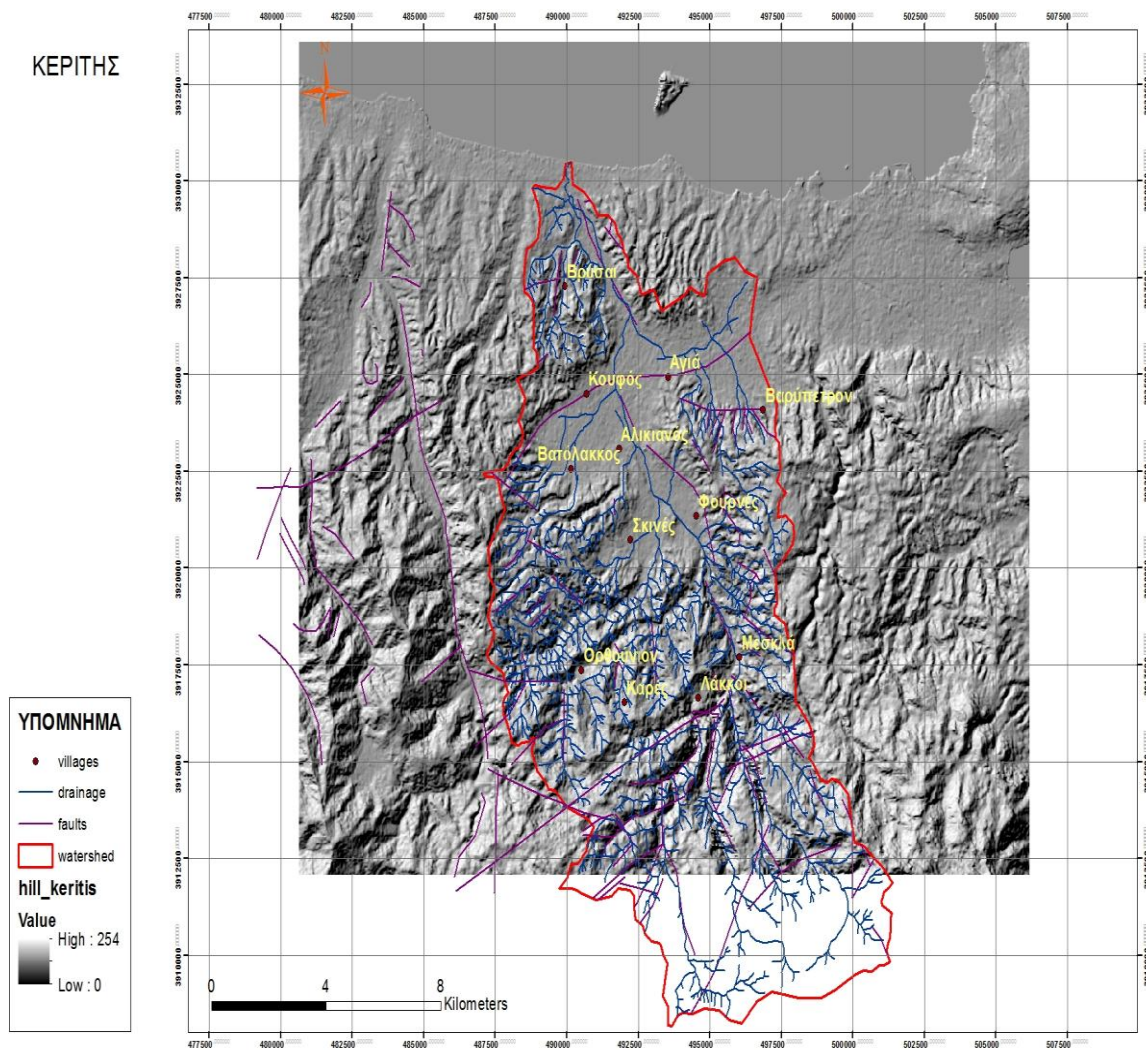
κατανόηση της λειτουργίας και διαχείριση των υπόγειων υδατικών πόρων. Πιλοτικό πεδίο έρευνας η ΒΔ και Κεντρική Κρήτη» του ερευνητικού έργου ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ που πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Κρήτης με επιστημονικό υπεύθυνο τον Καθηγητή Σουπιό του ΤΕΙ Κρήτης.



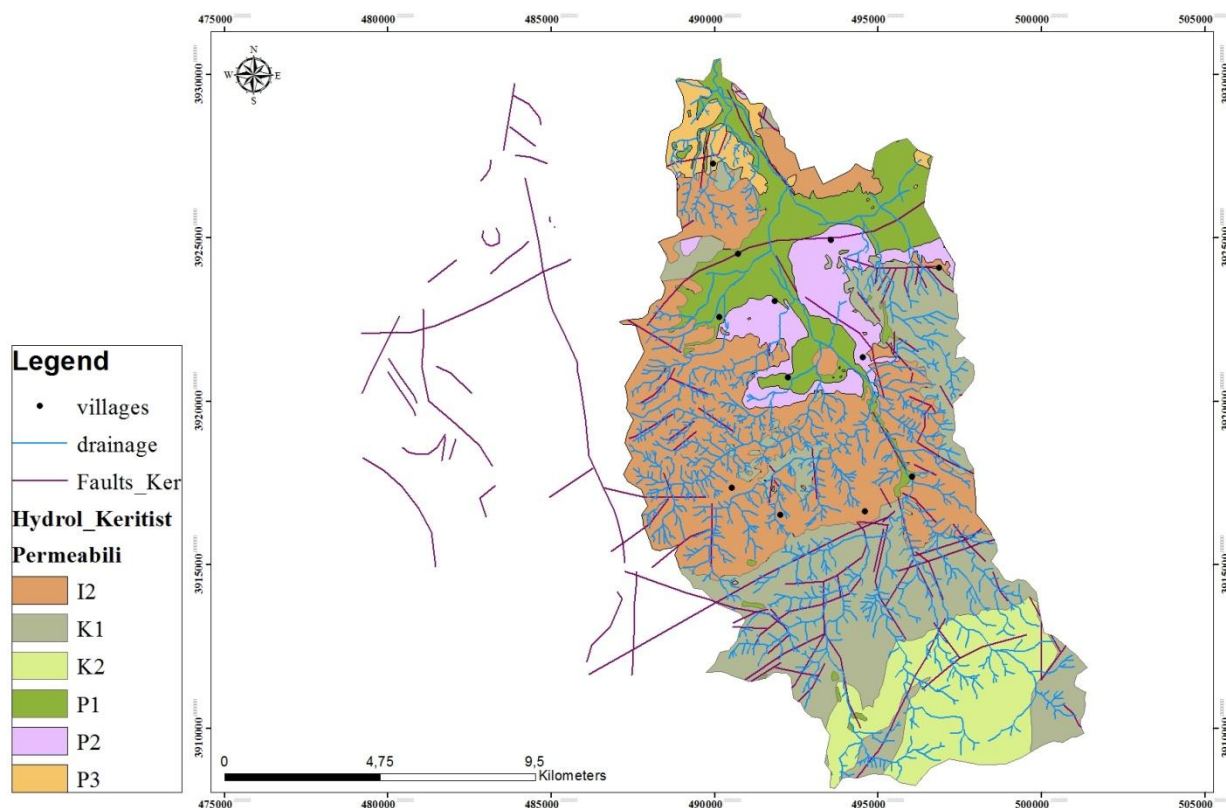
Σχήμα 3.3 Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης



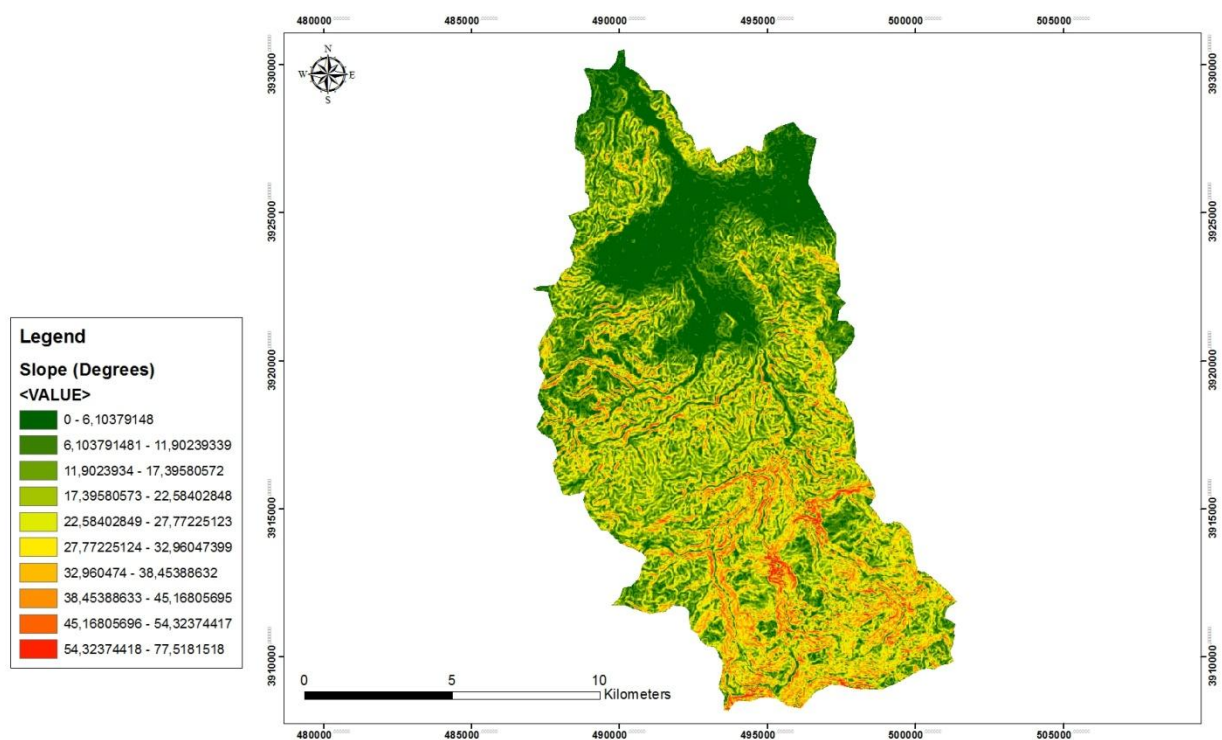
Σχήμα 3.4 Χάρτης κλίσεως της λεκάνης του Κερίτη.



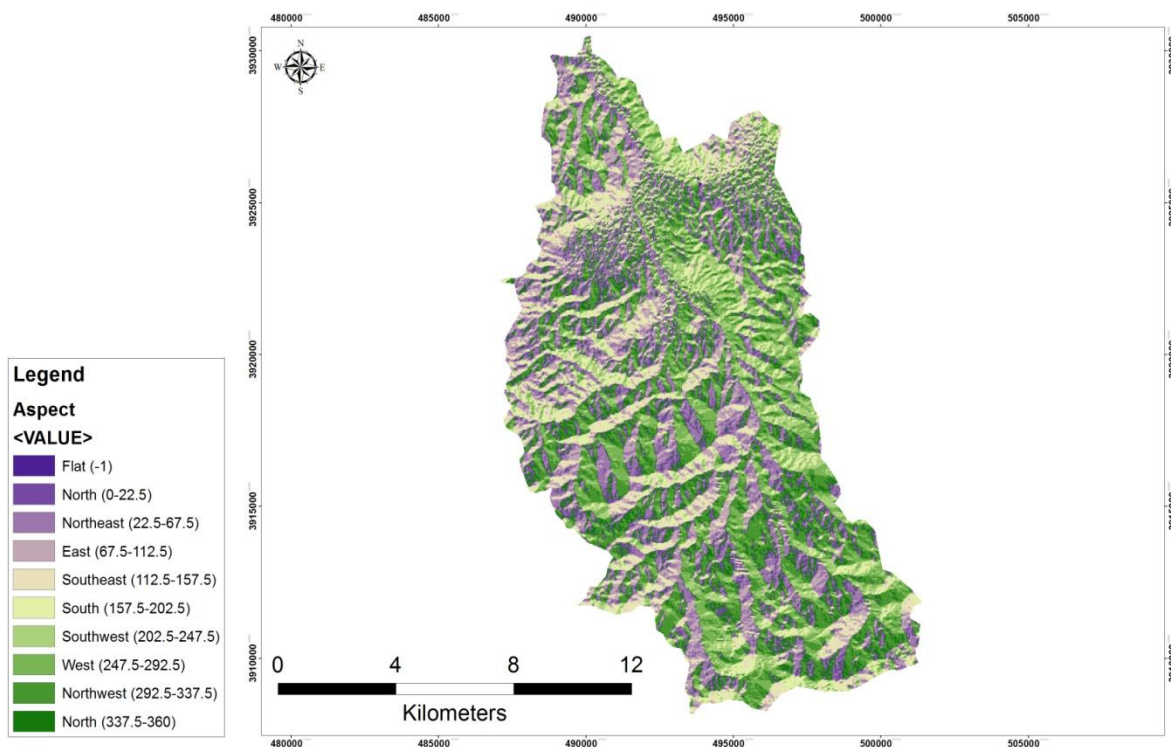
Σχήμα 3.5 Χάρτης που δείχνει το υψόμετρο της περιοχής μελέτης.



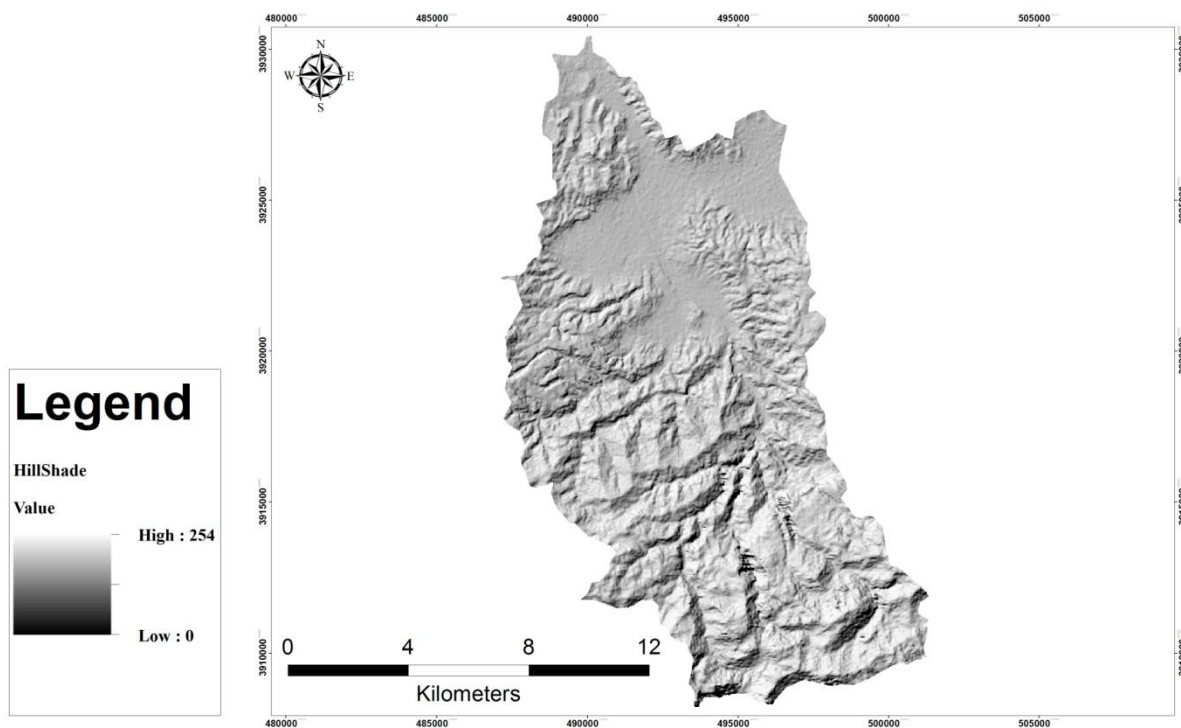
Σχήμα 3.6 Υδρολιθολογικός χάρτης Κερίτη.



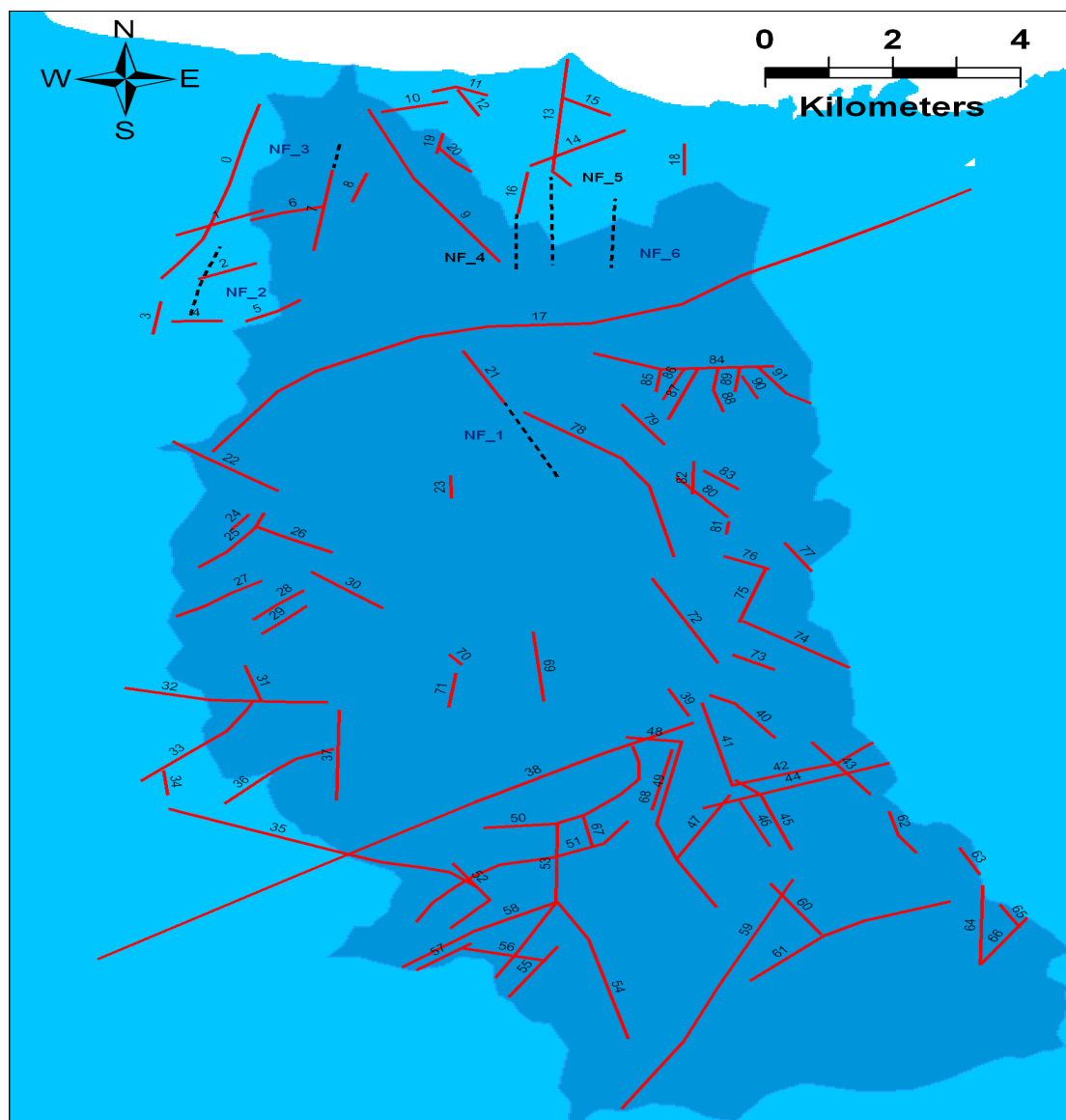
Σχήμα 3.7 Χάρτης κλίσεως της λεκάνης του Κερίτη.



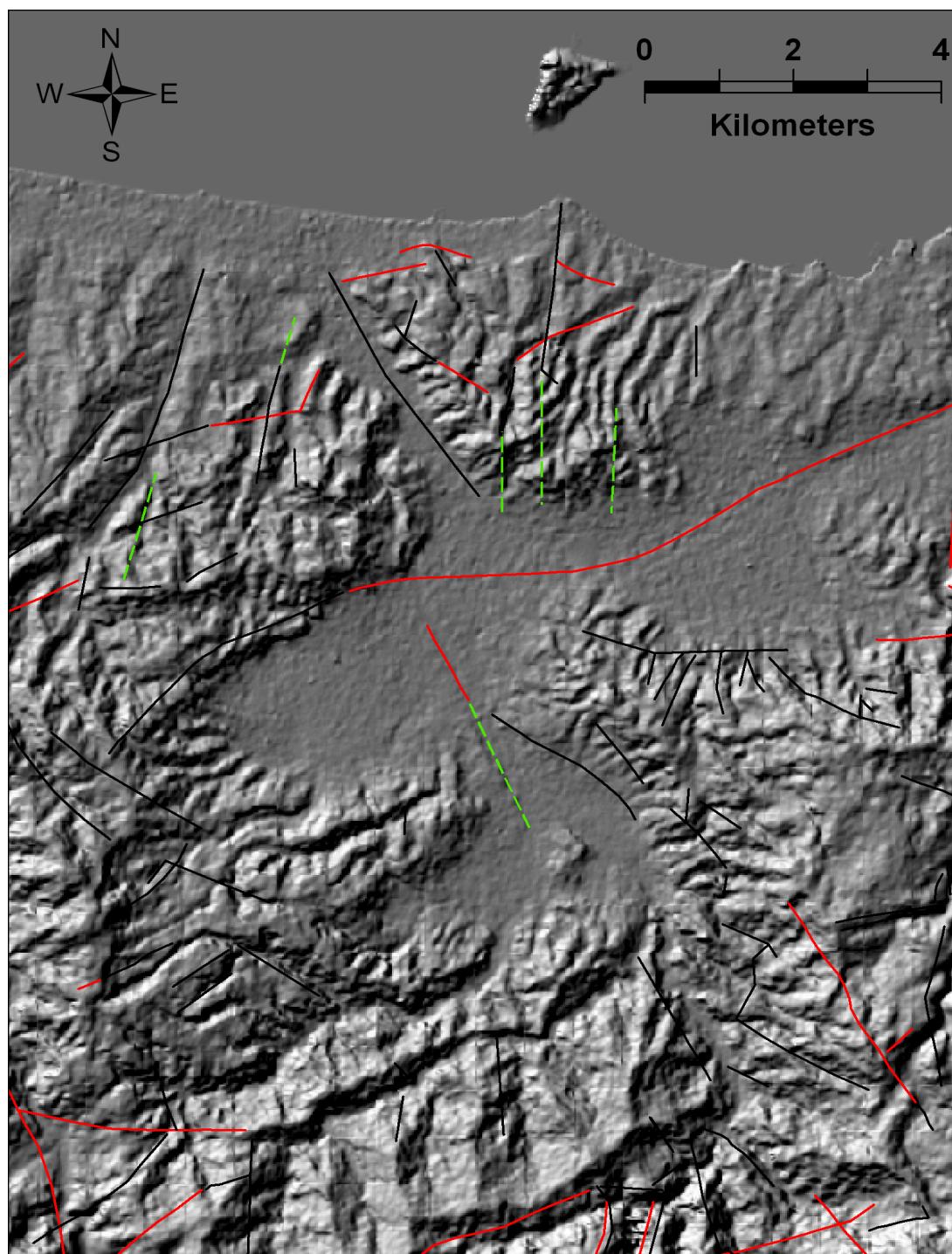
Σχήμα 3.8 Χάρτης όψεως περιοχής ενδιαφέροντος.



Σχήμα 3.9 Σκίαση ανάγλυφου περιοχής ενδιαφέροντος.

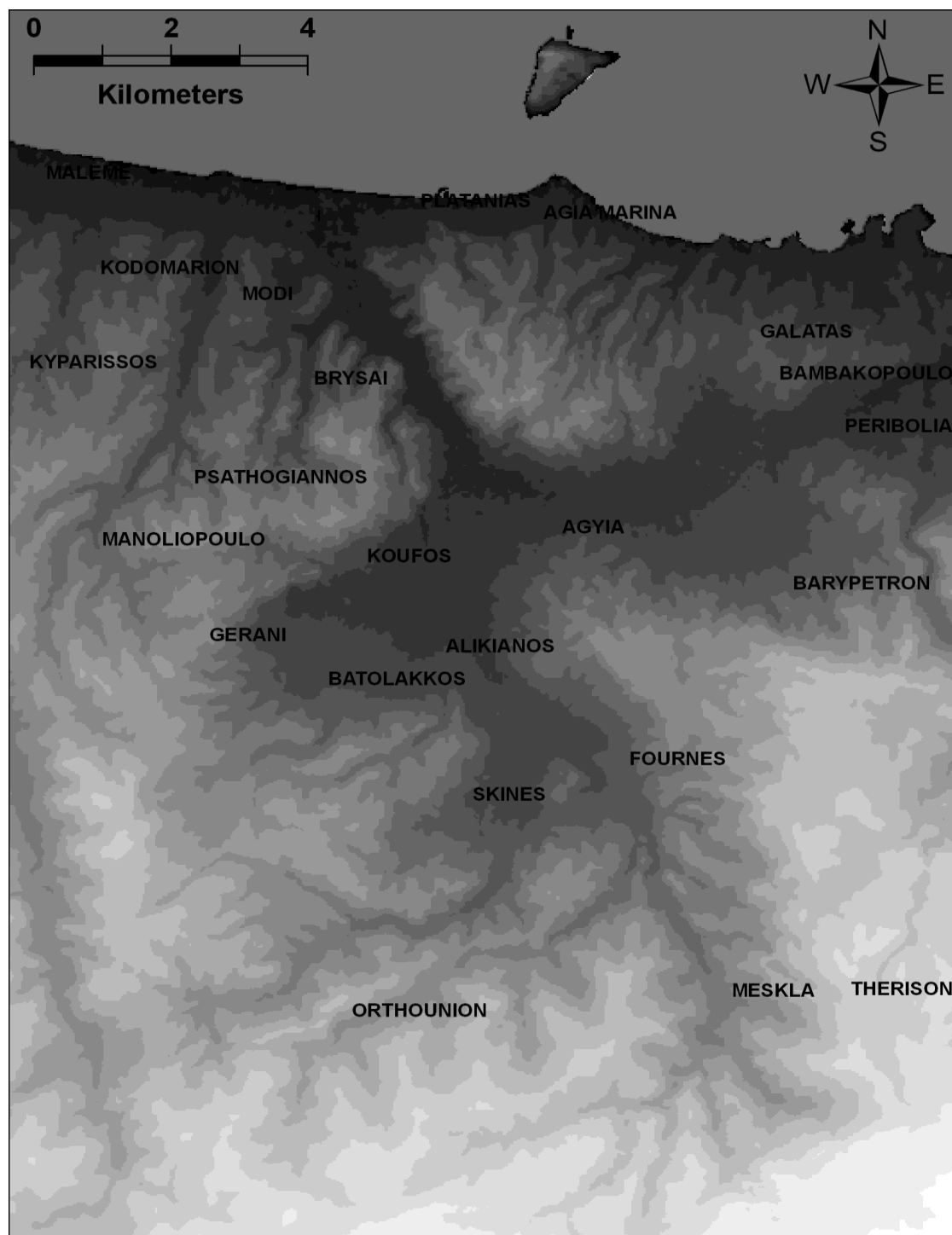


**Σχήμα 3.10** Αρίθμηση ρηγμάτων στην περιοχή μελέτης. Οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τα 92 ρήγματα της περιοχής μελέτης με τα όρια της λεκάνης απορροής του Κερίτη.

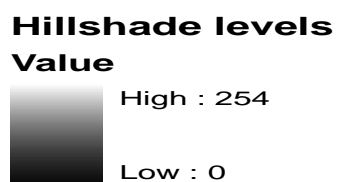
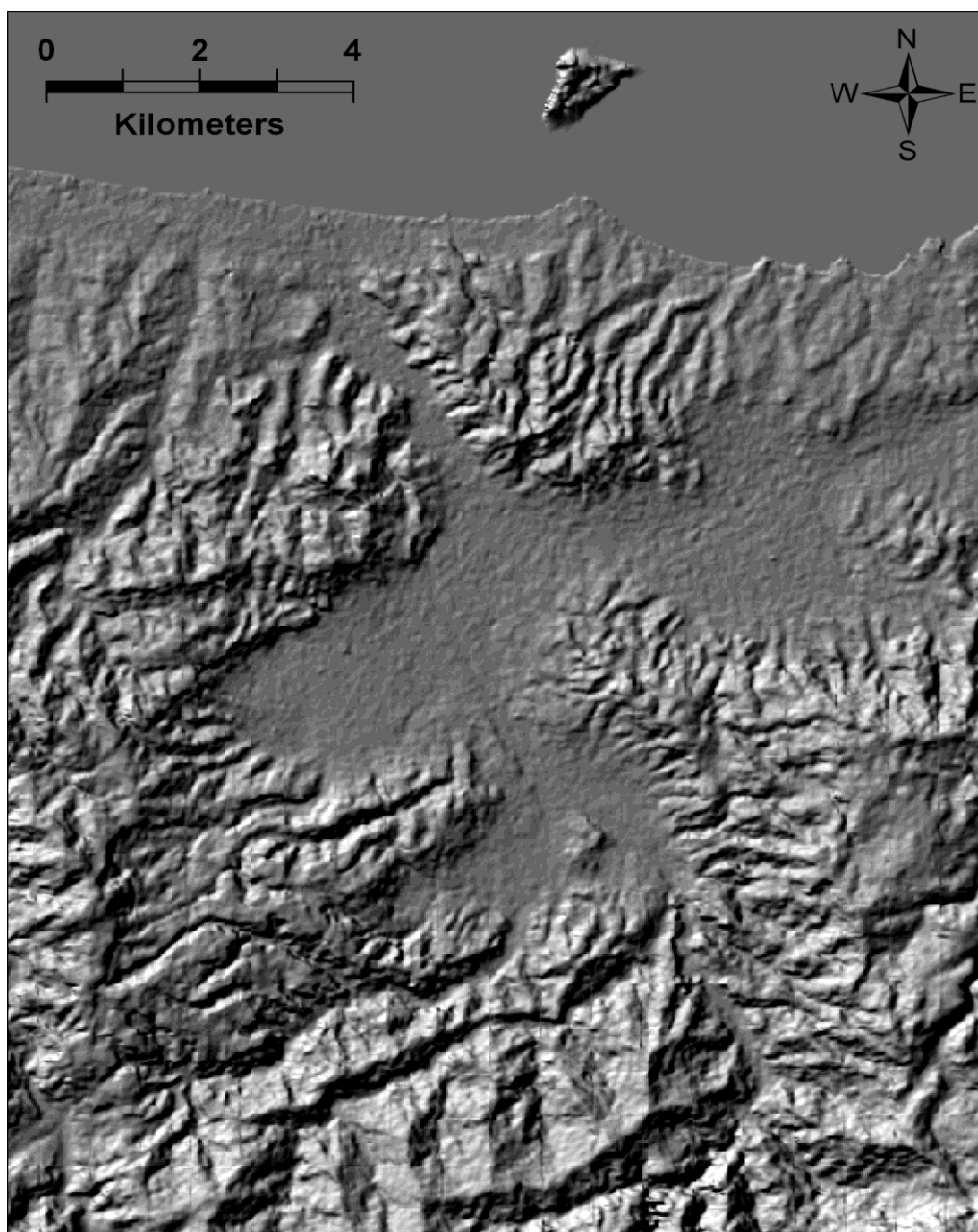


**Σχήμα 3.11** Τεκτονική - σκίαση αναγλύφου σε χάρτη. Οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τα κανονικά ρήγματα, οι μαύρες γραμμές απεικονίζουν τα κρυφά ρήγματα και οι πράσινες γραμμές τα πιο πρόσφατα αναγνωρισμένα ρήγματα.

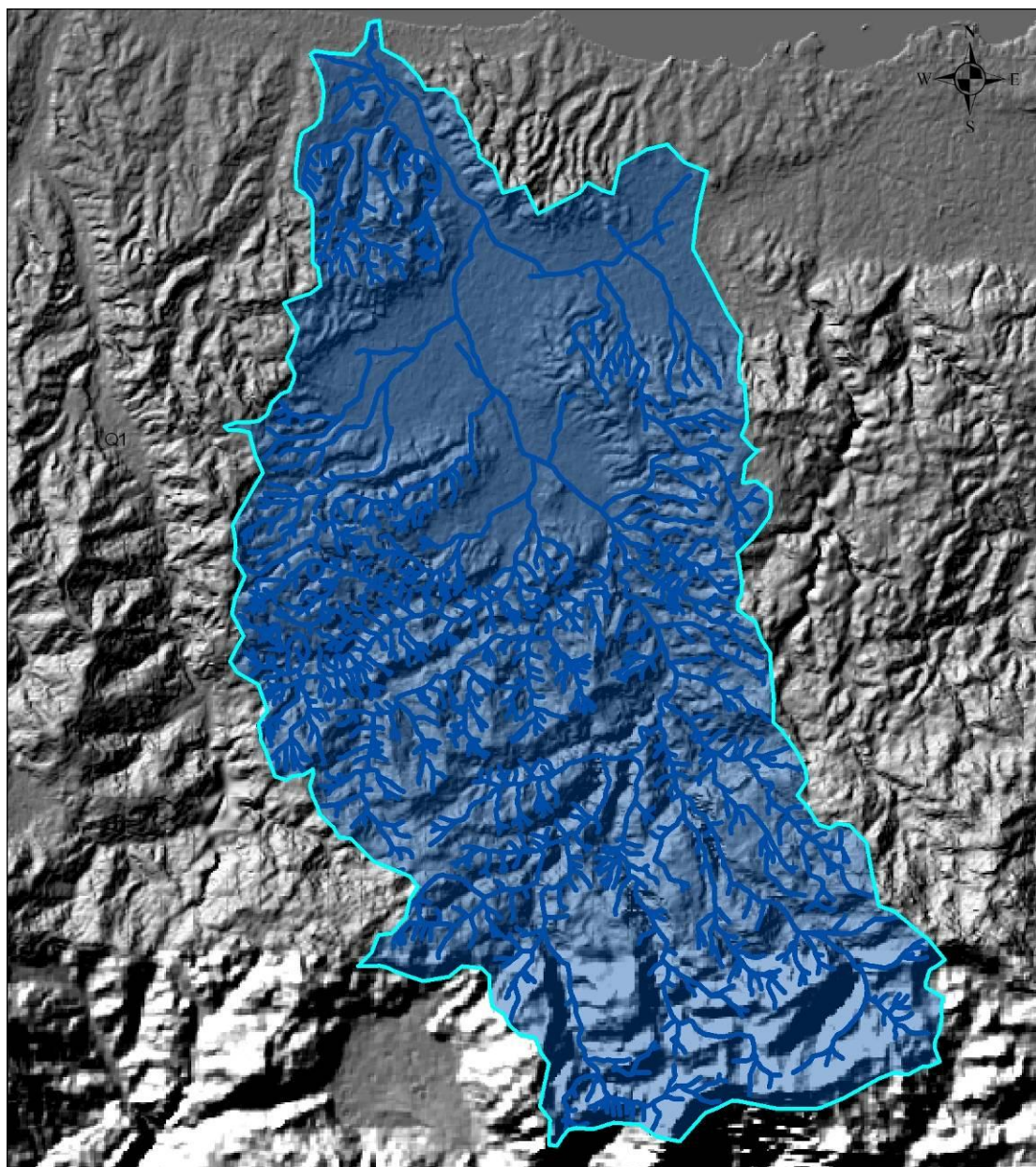




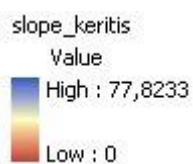
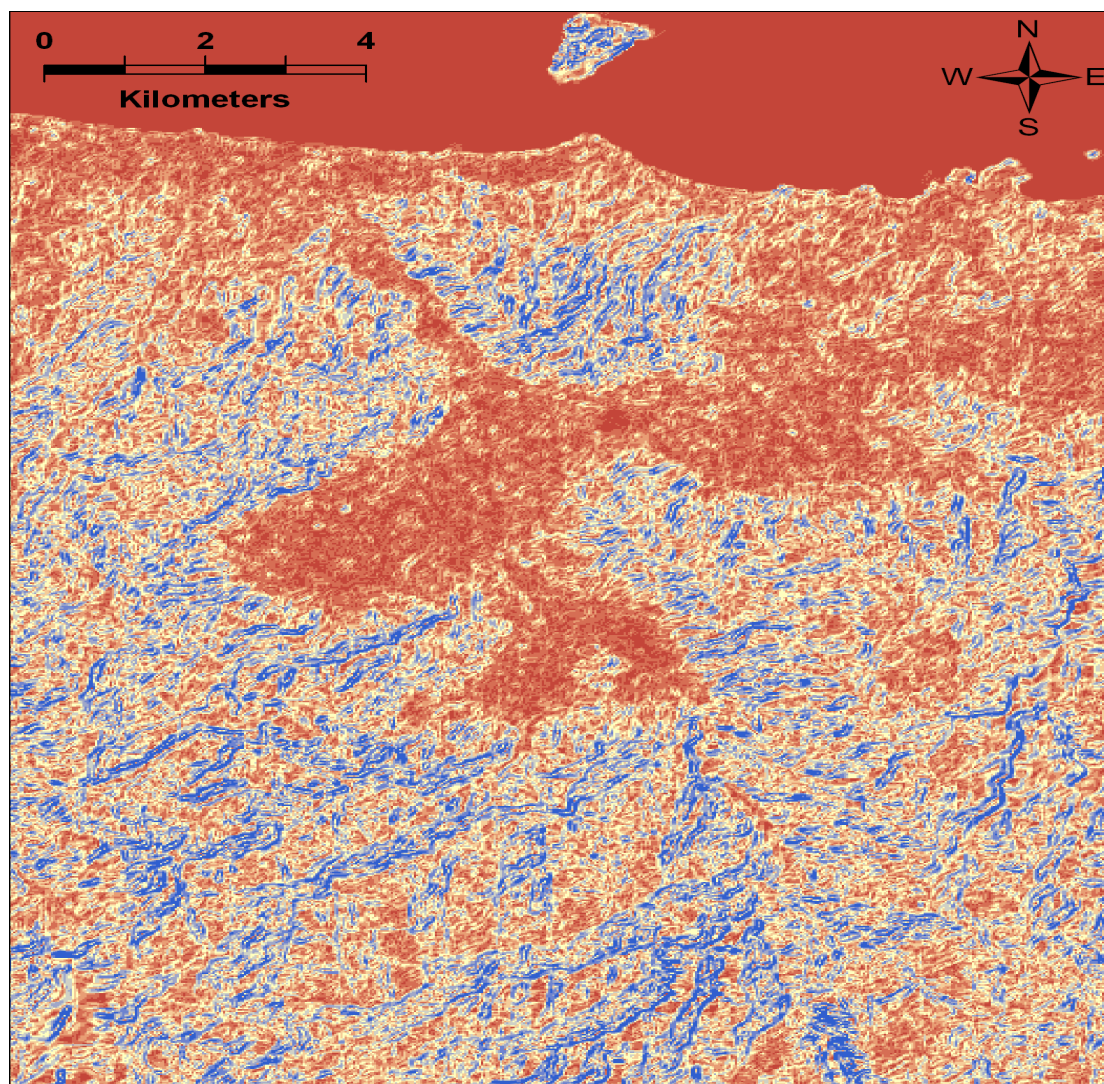
**Σχήμα 3.12** Το υψόμετρο από το χάρτη της λεκάνης του Κερίτη με υψόμετρο από 0 έως 2070 m. Οι σκουρότερες περιοχές δηλώνουν χαμηλότερο υψόμετρο ενώ οι περιοχές με λευκές αποχρώσεις δηλώνουν υψηλότερα υψόμετρα.



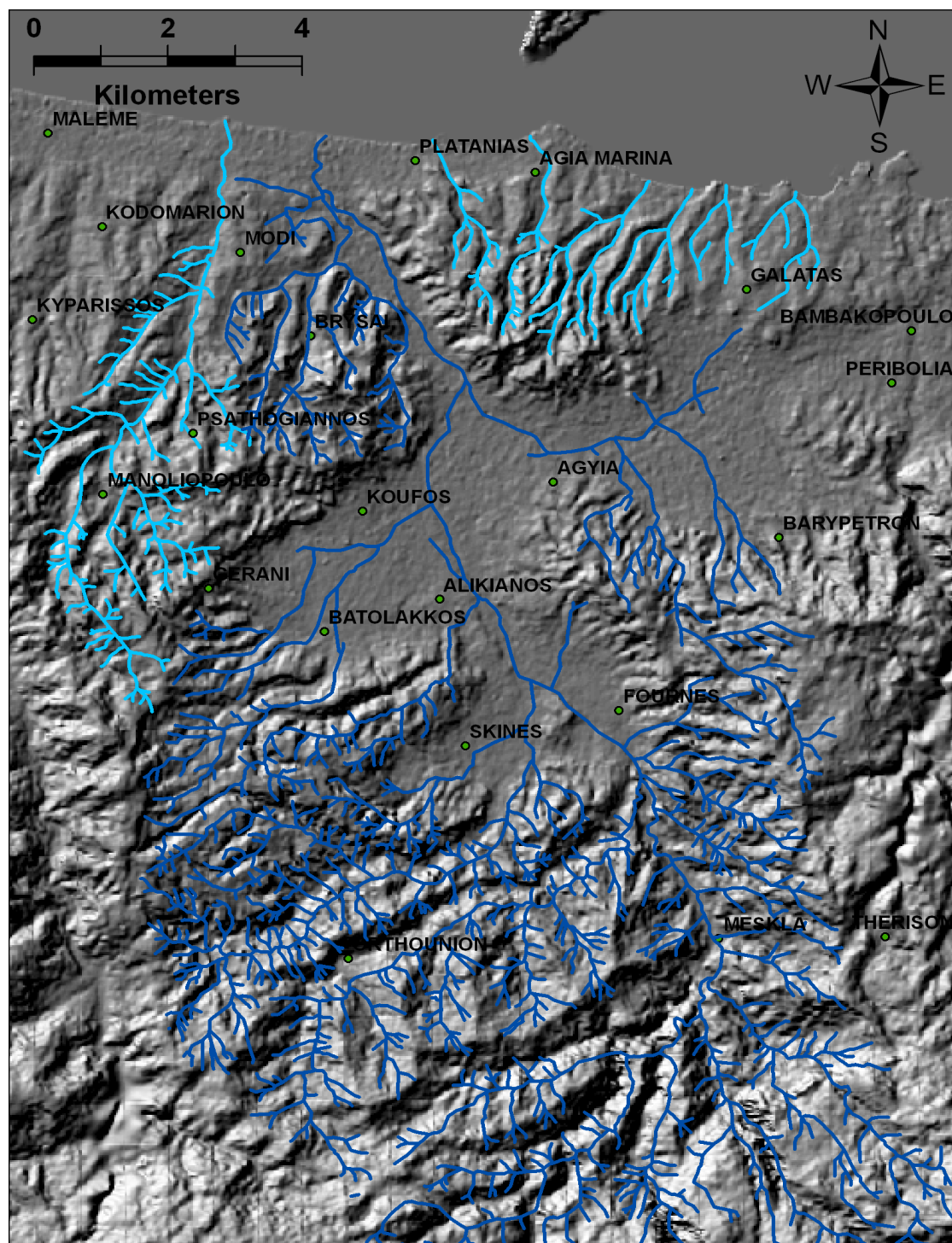
**Σχήμα 3.13** Σκίαση του αναγλύφου του χάρτη της λεκάνης του Κερίτη.



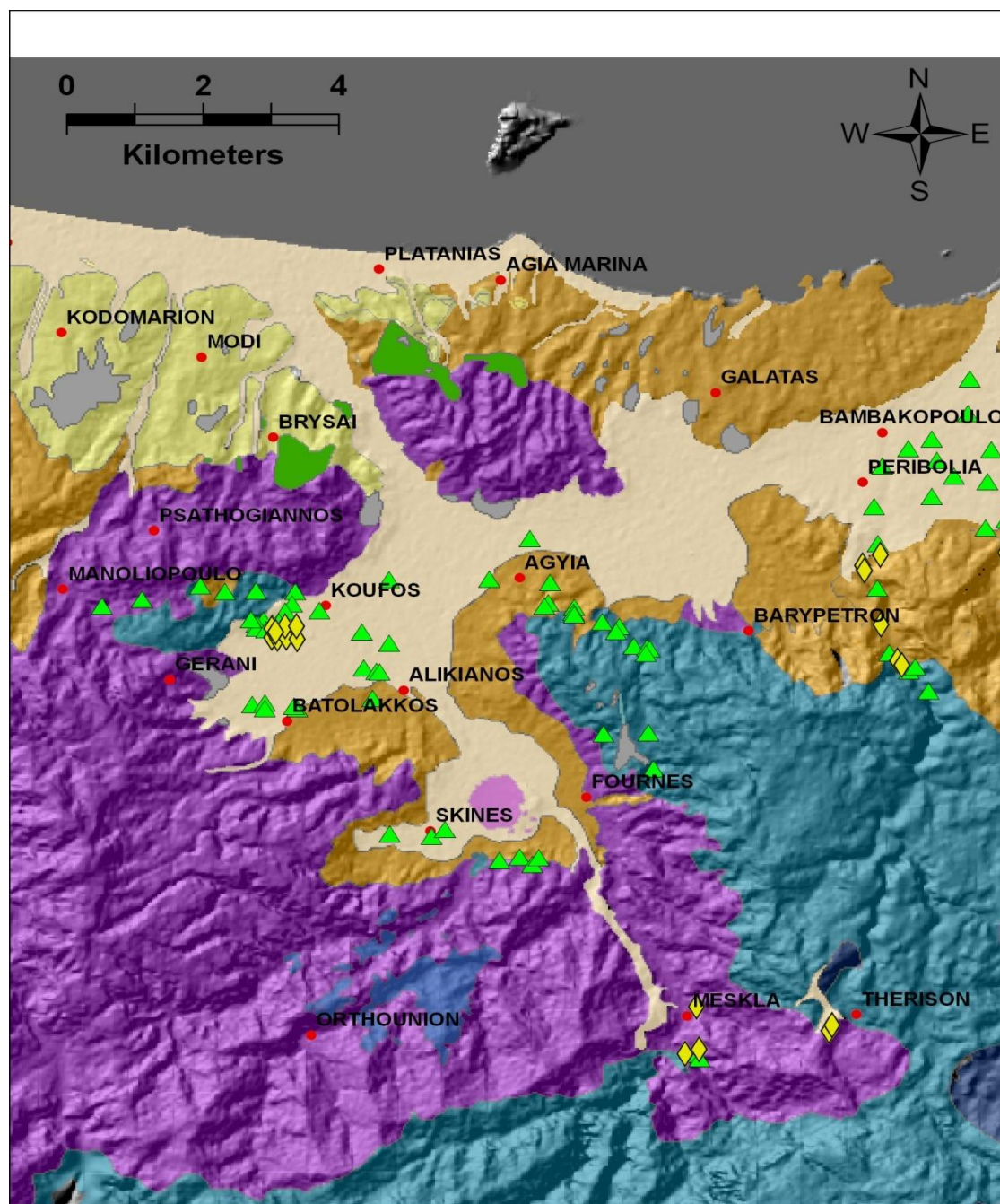
**Σχήμα 3.14** Τα όρια και το δίκτυο αποχέτευσης της λεκάνης του Κερίτη (που προέρχονται από το γεωλογικό χάρτη του Περλέρου, 2002).



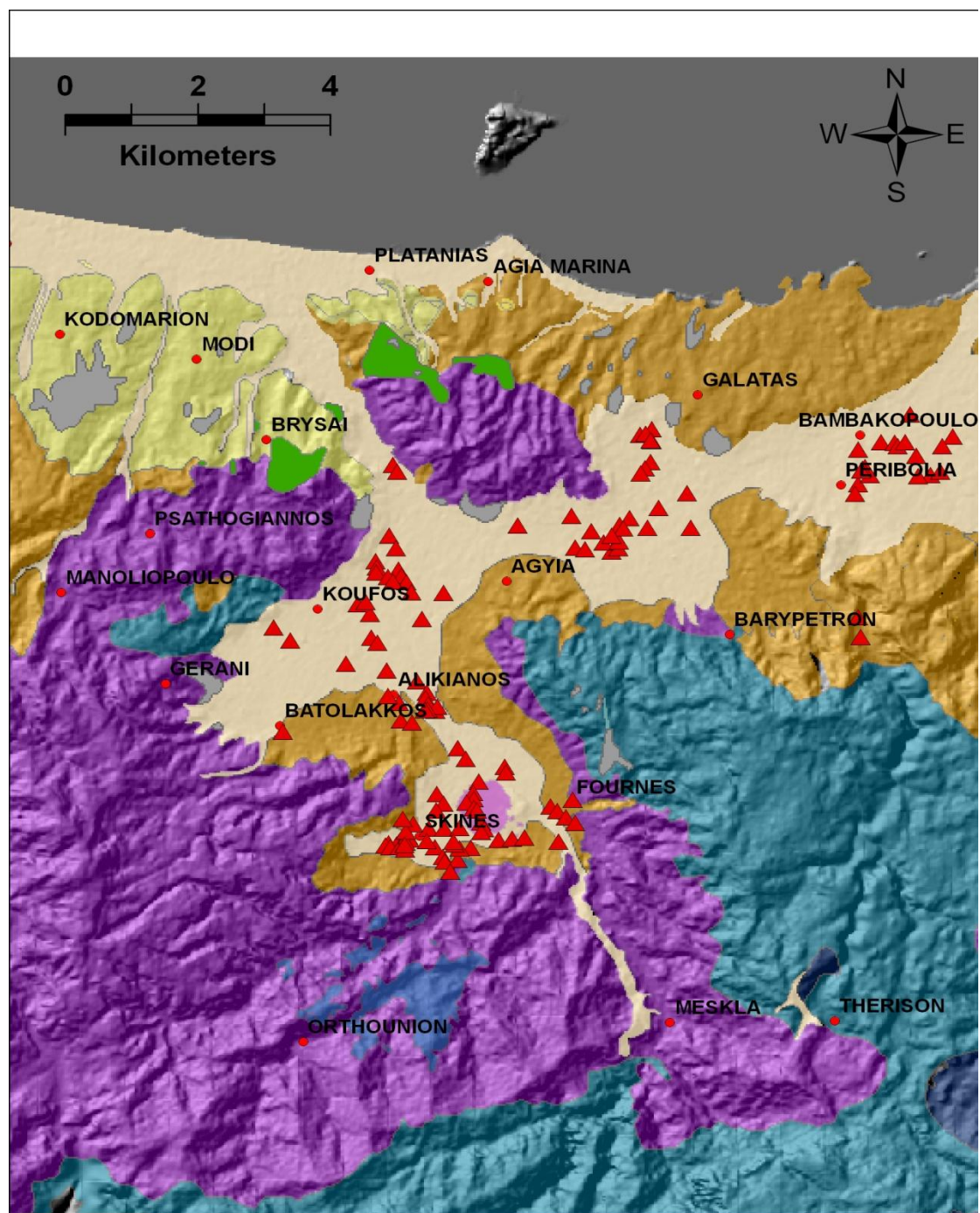
**Σχήμα 3.15** Η Κλίση της λεκάνης του Κερίτη που εξάγεται από τη βυθοσκόπηση DEM. Τα μπλε χρώματα υποδηλώνουν τις επίπεδες περιοχές, ενώ τα κόκκινα χρώματα υποδηλώνουν τις απότομες περιοχές.



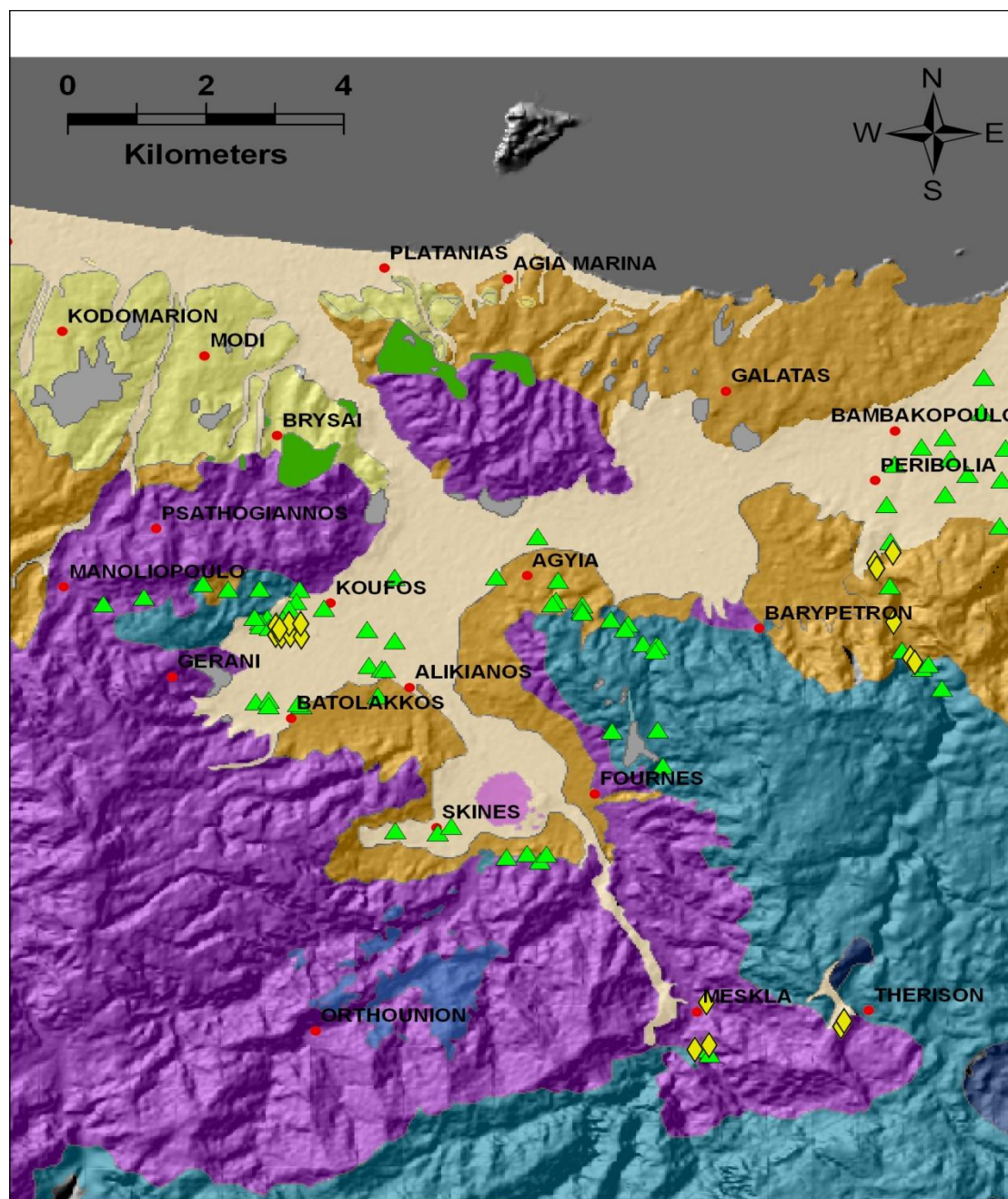
**Σχήμα 3.16** Απεικονίζονται τα δίκτυα αποχέτευσης, όπως παράγεται από το συνδυασμό των δεδομένων από το υδρολογικό χάρτη και από την επεξεργασία της σκίασης του ανάγλυφου .



Σχήμα 3.17 Πηγές και γεωτρήσεις περιοχής. (πηγές: κίτρινα διαμάντια, γεωτρήσεις: πράσινα τρίγωνα, τα χωριά: κόκκινοι κύκλοι).



Σχήμα 3.18 Τοποθεσίες για γεωτρήσεις (κόκκινα τρίγωνα)



**Σχήμα 3.19** Πηγές και γεωτρήσεις περιοχής ενδιαφέροντος (πηγές: κίτρινα διαμάντια, γεωτρήσεις: πράσινα τρίγωνα, τα χωριά: κόκκινους κύκλους).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΔΙΟΥ

Μετά από μελέτη των γεωλογικών και υδρογεωλογικών δεδομένων, καθώς και έπειτα από επίσκεψη της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος, επιλέχθηκαν οι παρακάτω πηγές και γεωτρήσεις:

- Κεφαλοβρύσια – Μεσκλά,
- Πηγές Παναγιάς,
- Γέφυρα Φουρνέ για Ομαλό,
- Γεωτρήσεις Φορνέ στη Κάβουρα,
- Γεώτρηση Σκηνέ, Αντλιοστάσιο Α05 Δήμος Μουσούρων,
- Περιγητική Σκηνέ,
- ΤΟΕΒ Αλικιανού,
- Κοντά σε δεξαμενή διάθεσης αποβλήτων ελαιοτριβείου, ιδιοκτησία του κου. Κ. Γαλανού.
- Κατάντι δεξαμενής Γαλανού,
- Ιερός Ναός Αναλήψεως,
- ΤΟΕΒ Βατόλακου - Θέση Βλυχάδες,
- Μεγάλη γεώτρηση, πρόγραμμα GRINNO, υποπρόγραμμα BEWARE,
- Αντλιοστάσιο ΔΕΥΑΧ,
- Πηγή Κολύμπας,
- Πηγή Καλαμιώνα
- Δρακιανά

Τα κριτήρια επιλογής των παραπάνω θέσεων δειγματοληψίας ήταν η σπουδαιότητά τους στην τροφοδοσία της ευρύτερης περιοχής με νερό, η προσβασιμότητά τους καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης των δειγματοληψιών, καθώς και η συμβολή της μελέτης τους στην εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων στα πλαίσια της πραγματοποιούμενης έρευνας. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν τρεις κύκλοι δειγματοληψιών, στις 16/7/2014, στις 4/11/2014 και στις 5/3/2015.

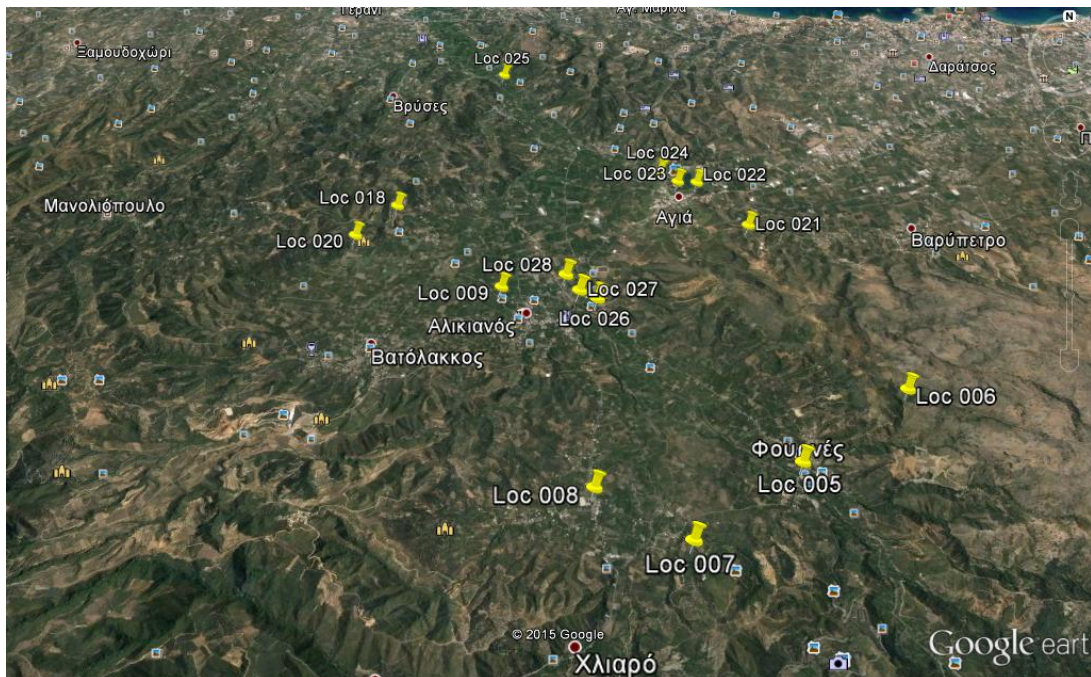
Για τις συνθήκες δειγματοληψίας και φύλαξης των δειγμάτων ακολουθήθηκαν διεθνώς αποδεκτά πρωτόκολλα. Όλα τα δείγματα μεταφέρονταν άμεσα στο εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών Διεργασιών του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης, ενώ οι αναλύσεις των δειγμάτων πραγματοποιούνταν όσο το δυνατόν συντομότερα.

Στα δείγματα νερού πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω προσδιορισμοί:

- pH
- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

- Συγκέντρωση ιόντων καδμίου
- Συγκέντρωση ιόντων χαλκού
- Συγκέντρωση ιόντων μαγγανίου
- Συγκέντρωση ιόντων καλίου
- Συγκέντρωση ιόντων νικελίου
- Συγκέντρωση ιόντων σιδήρου
- Συγκέντρωση ιόντων ασβεστίου
- Συγκέντρωση ιόντων ψευδαργύρου
- Συγκέντρωση ιόντων μολύβδου
- Συγκέντρωση ιόντων μαγνησίου

Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν διεθνώς διαπιστευμένες μέθοδοι που πραγματοποιήθηκαν εντός του εργαστηρίου Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών Διεργασιών του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης.



**Σχήμα 4.2** Ένα στιγμιότυπο οθόνης από το Google Earth παρουσιάζει μαζί την περιοχή μελέτης και το σύνολο των δειγματοληψιών.

Θέση	
003	Κεφαλοβρύσια - Μεσκλά
004	Πηγές Παναγιάς
005	Γέφυρα Φουρνέ για Ομαλό
006	Γεωτρήσεις Φορνέ στη Κάβουρα
007	Γεώτρηση Σκηνέ, Αντλιοστάσιο Α05 Δήμος Μουσούρων
008	Περιηγητική Σκηνέ
009	ΤΟΕΒ Αλικιανού
026	Γέφυρα Αλικιανού
027	Γαλανός, δεξαμενή διάθεσης αποβλήτων ελαιοτριβείου
028	Κατάντι δεξαμενής Γαλανού
019	Ιερός Ναός Αναλήψεως
020	ΤΟΕΒ Βατόλακου - Θέση Βλυχάδες
021	Μεγάλη γεώτρηση, πρόγραμμα GRINNO, υποπρόγραμμα BEWARE
022	Αντλιοστάσιο ΔΕΥΑΧ
023	Πηγή Κολύμπας
024	Πηγή Καλαμιώνα
025	Δρακιανά

**Πίνακας 4.1** Ονομασίες και κωδικοί αρίθμησης των θέσεων δειγματοληψιών.

Θέση	Σχόλια
003	
004	Καρστικές πηγές, επαφής
005	
006	
007	
008	Προσχωματική $\approx 20$ m
009	Προσχωματική, Υποψία ότι τροφοδοτείται από το κάρστ λόγω μεγάλης παροχής
026	
027	
028	
019	
020	Στάθμη από τη καινούργια γεώτρηση, παρουσία άργιλου
021	Στάθμη από την ανηφόρα, 24ώρη λειτουργία από Μάιο έως Σεπτέμβρη
022	
023	
024	$\approx 300$ ppm θειικά
025	

**Πίνακας 4.2** Γενικότερα σχόλια που λήφθηκαν κατά την επίσκεψη στα σημεία δειγματοληψιών.

Θέση	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
003	35.39888	23.95859
004	35.40006	23.95904
005	35.43572	23.94008
006	35.44264	23.95251
007	35.42789	23.92701
008	35.43316	23.91856
009	35.45726	23.90802
026		
027		
028		
019	35.46922	23.89381
020	35.46484	23.88898
021	35.46594	23.93934
022	35.47451	23.93368
023	35.47419	23.93118
024	35.47617	23.92896
025	35.49631	23.90653

**Πίνακας 4.3** Συντεταγμένες σημείων δειγματοληψιών.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Στο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν για τους 3 κύκλους δειγματοληψιών, καθώς και η παρατηρούμενη στάθμη σε όσες γεωτρήσεις διέθεταν πιεζόμετρο.

16 Ιουλίου 2014			
Θέση	Επίπεδο Νερού	Δειγματοληψία Νερού	Σχόλια
003	-	√	Λίγο τρεχούμενο νερό [Κεφαλοβρύσια-Μεσκλά]
004	-	√	Κανονική στάθμη και ροή [Πηγές Παναγιάς]
005	-	√	Περιορισμένη ροή [Γέφυρα Φουρνέ]
006	140 m	√	Υψόμετρο 180 m
007	Χ	√	Κατεστραμένο το πιεζόμετρο
008	20 m	Χ	Δεν υπήρχε βρύση [Περιηγητική Σκηνέ]
009	19,5 m	√	(Παλιά η στάθμη ήταν στα 17,5 m)
026	-	Χ	Καθόλου ροή [Γέφυρα Αλικιανού]
027	-	√	[Δεξαμενή κατσιγάρου]
028	-	√	[Κατάντι Γαλανού]
019	60,10 m	Χ	Δεν υπήρχε βρύση [Ιερός Ναός Αναλήψεως]
020	7,40 m	√	[ΤΟΕΒ Βατόλακου - Βλυχάδες]
021	61,15 m	√	[Μια από τις μεγαλύτερες γεωτρήσεις στην Ελλάδα]
022	-	-	Κλειστό το αντλιοστάσιο της ΔΕΥΑΧ
023	-	√	[Πηγή Κολύμπας]
024	-	√	[Πηγή Καλαμιώνα]
025	-	Χ	Καθόλου ροή [Δρακιανά]

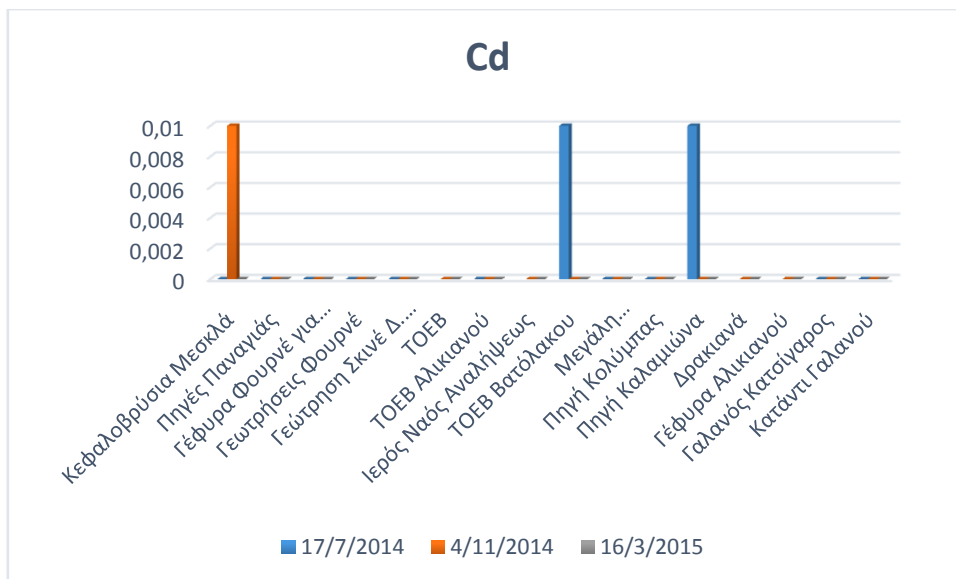
**Πίνακας 5.1** Στοιχεία 1<sup>ου</sup> κύκλου δειγματοληψιών.

4 Νοεμβρίου 2014			
Θέση	Επίπεδο Νερού	Δειγματοληψία Νερού	Σχόλια
003	-	✓	Ικανοποιητική παροχή [Μεσκλά]
004	-	✓	Κανονική ροή
005	-	✓	[Γέφυρα Φουρνέ]
006	141.5 m	✓	Άντληση
007	Χ	✓	Τσακισμένο πιεζόμετρο
008	17.70 m	✓	Προσχωματική
009	19.70 m	✓	
026	-	✓	Ικανοποιητική ροή
027	-	✓	
028	-	✓	
019	61.80 m	✓	Δείγμα από τη δεξαμενή
020	7.60 m	✓	
021	61,25 m	✓	Στάθμη από την γεώτρηση που βρίσκεται πιο ψηλά
022	-	✓	Κλειστό το αντλιοστάσιο της ΔΕΥΑΧ
023	-	-	Μειωμένη ροή [Πηγή Κολύμπας]
024	-	✓	[Πηγή Καλαμιώνα]
025	-	✓	[Δρακιανά]

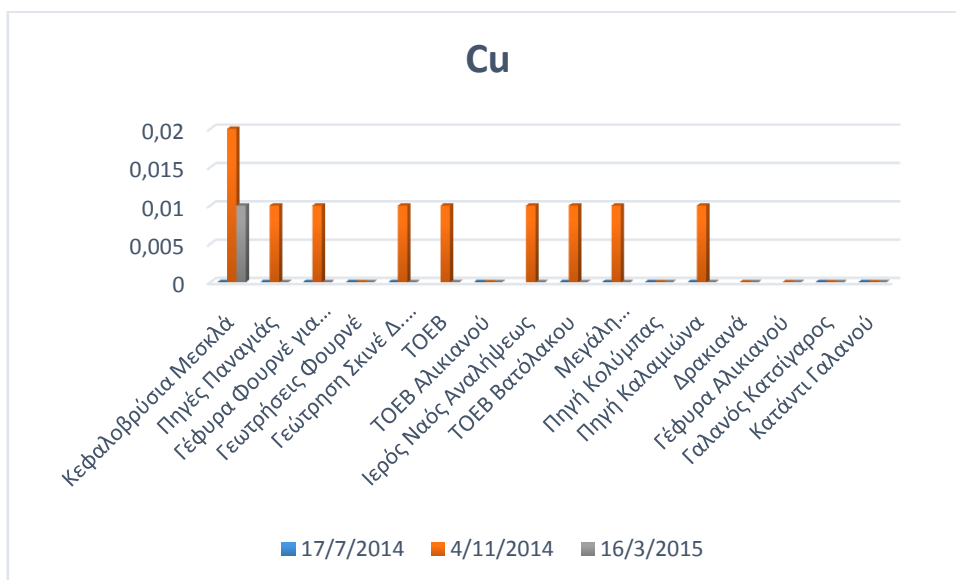
Πίνακας 5.2 Στοιχεία 2<sup>ου</sup> κύκλου δειγματοληψιών.

5 Μάρτιος 2015			
Θέση	Water Level	Δειγματοληψία Νερού	Comments
003	-	✓	Ικανοποιητική παροχή [Μεσκλά]
004	-	✓	Ικανοποιητική παροχή
005	-	✓	Ικανοποιητική παροχή
006	136.2 m	✓	-
007	Χ	✓	Κατεστραμμένο το πιεζόμετρο
008	16.3 m	✓	-
009	12.1 m	✓	-
026	-	✓	Ικανοποιητική παροχή
027	-	✓	Ικανοποιητική παροχή
028	-	✓	Ικανοποιητική παροχή
019	60 m	Χ	-
020	7.7 m	✓	-
021	57.5 m	✓	-
022	-	✓	-
023	-	✓	-
024	-	✓	Ικανοποιητική παροχή
025	-	✓	Ικανοποιητική ροή - EC: 517 $\mu\text{S}/\text{cm}$

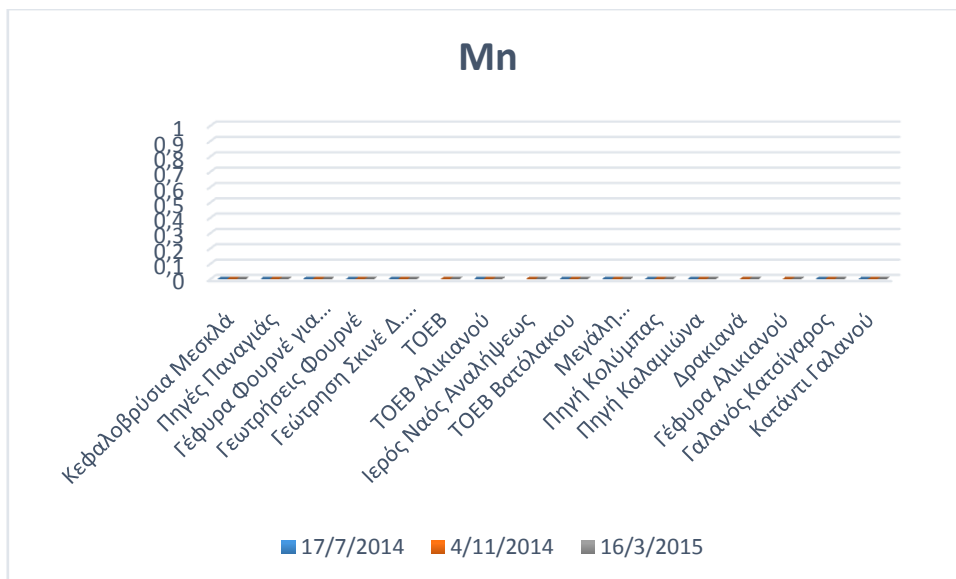
Πίνακας 5.3 Στοιχεία 3<sup>ου</sup> κύκλου δειγματοληψιών.



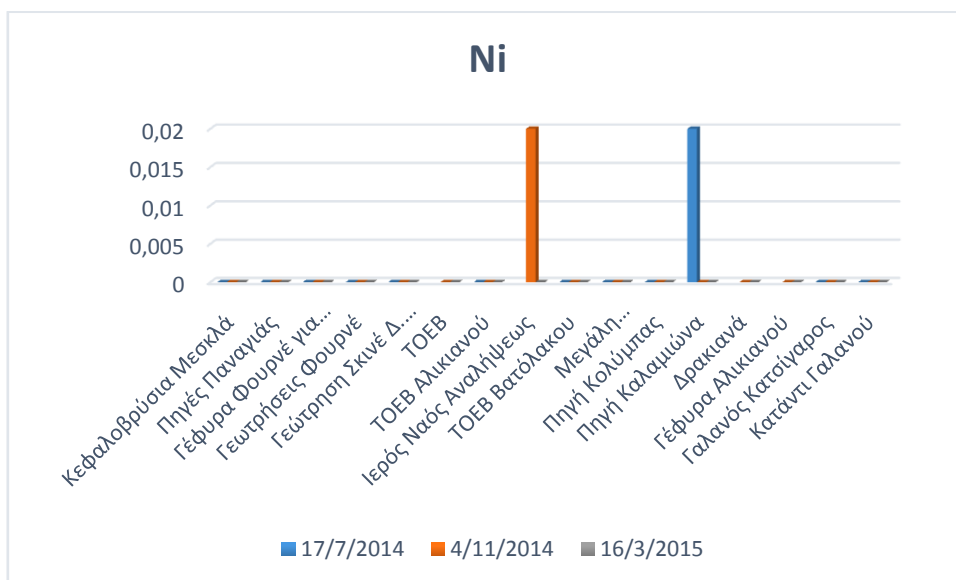
Σχήμα 5.1 Συγκεντρώσεις Καδμίου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.



Σχήμα 5.2 Συγκεντρώσεις Χαλκού κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.

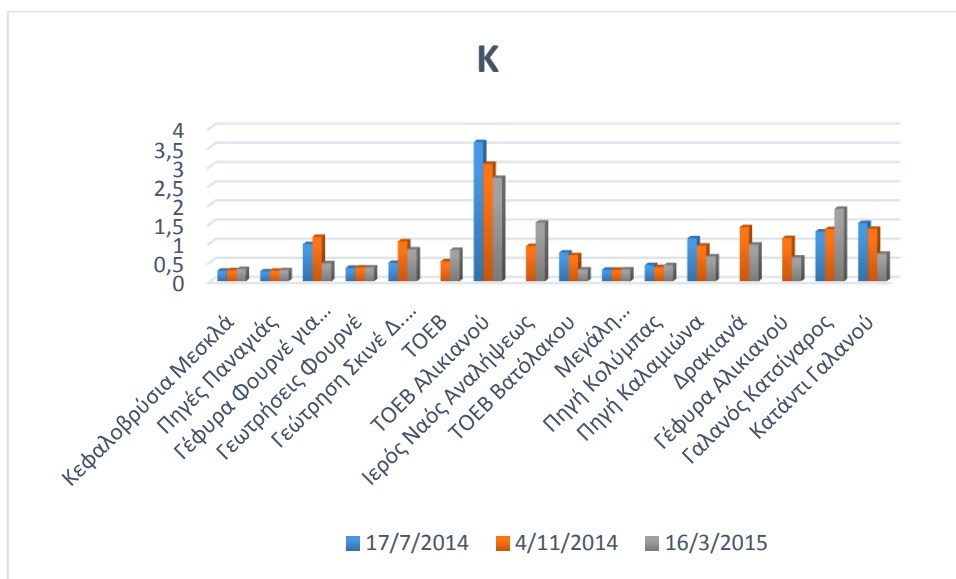


Σχήμα 5.3 Συγκεντρώσεις Μαγγανίου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.

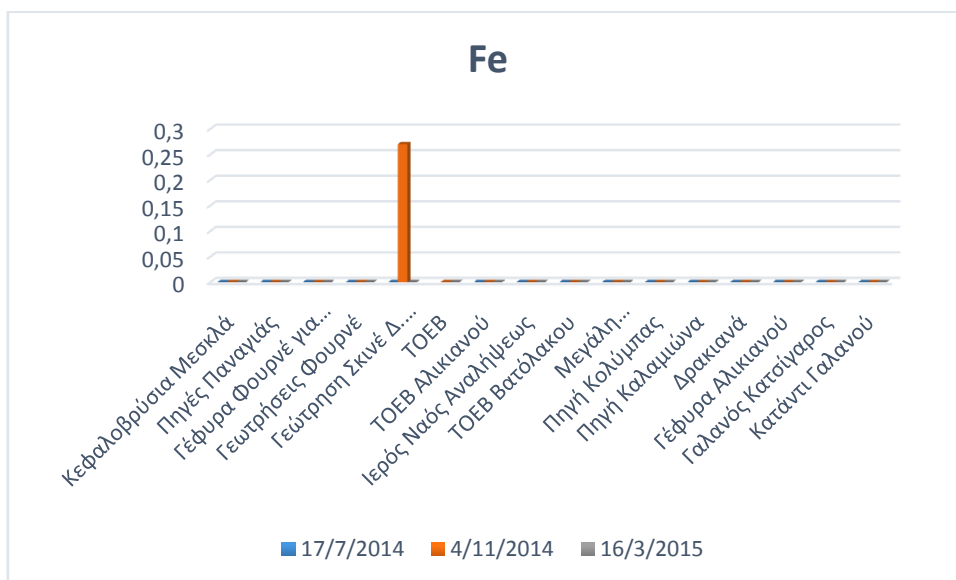


Σχήμα 5.4 Συγκεντρώσεις Νικελίου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.

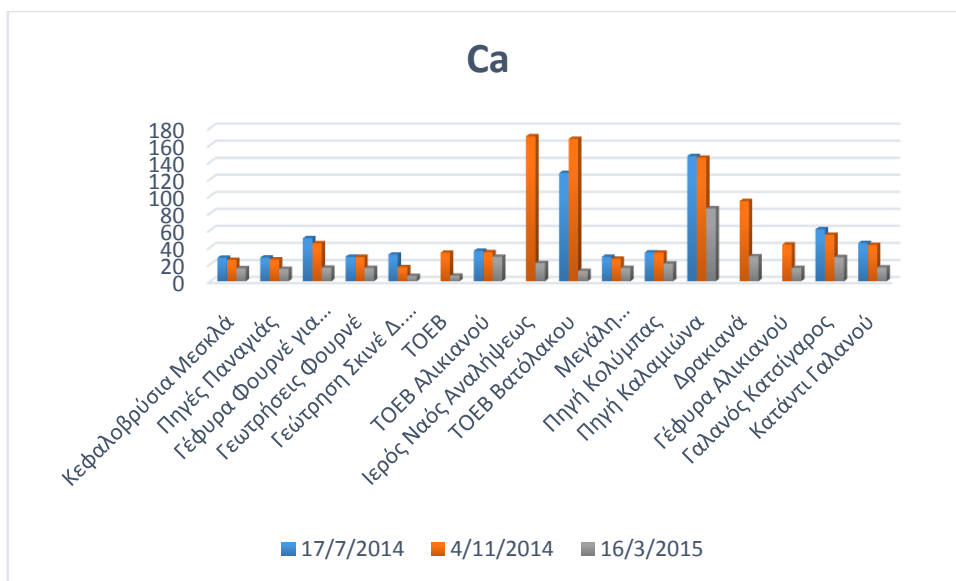




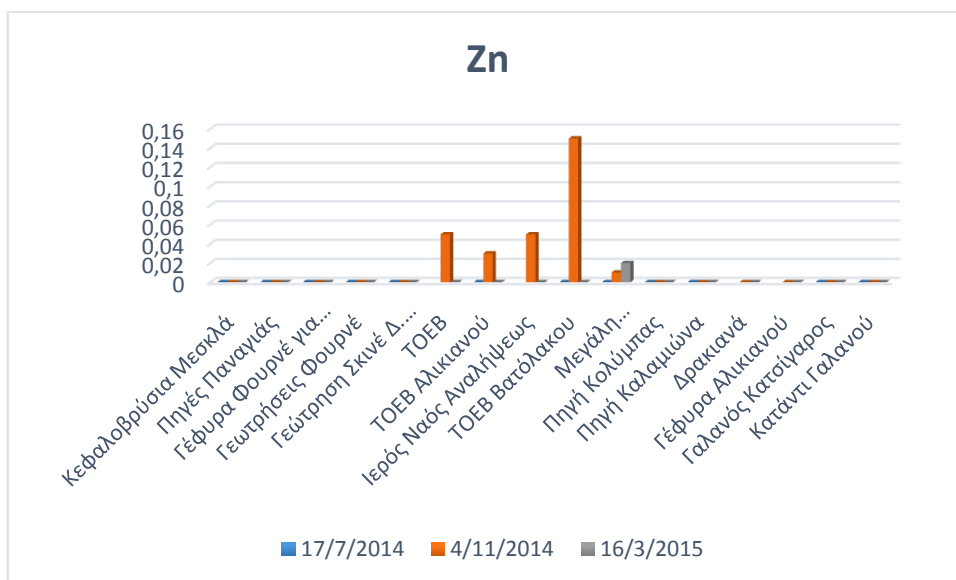
Σχήμα 5.5 Συγκεντρώσεις Καλίου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.



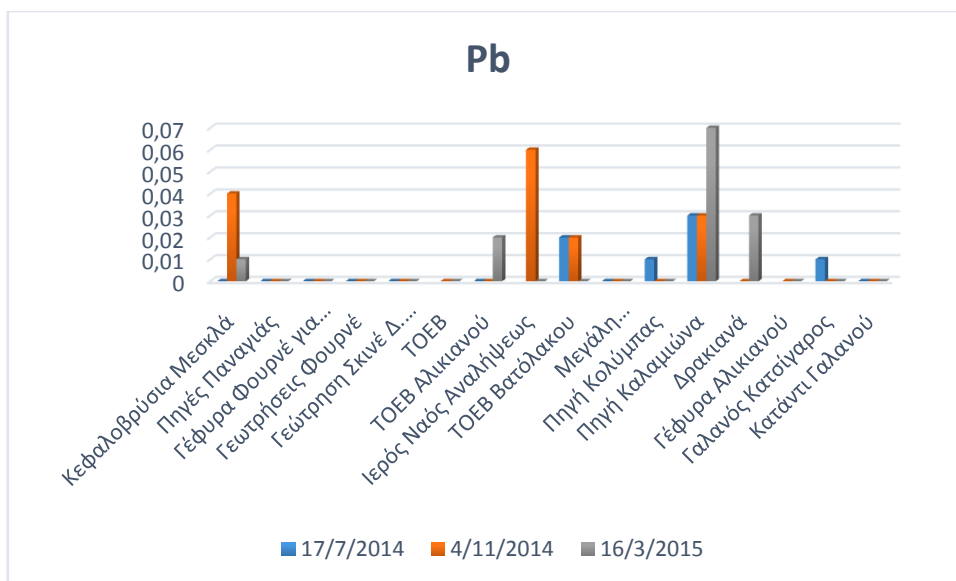
Σχήμα 5.6 Συγκεντρώσεις Σιδήρου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.



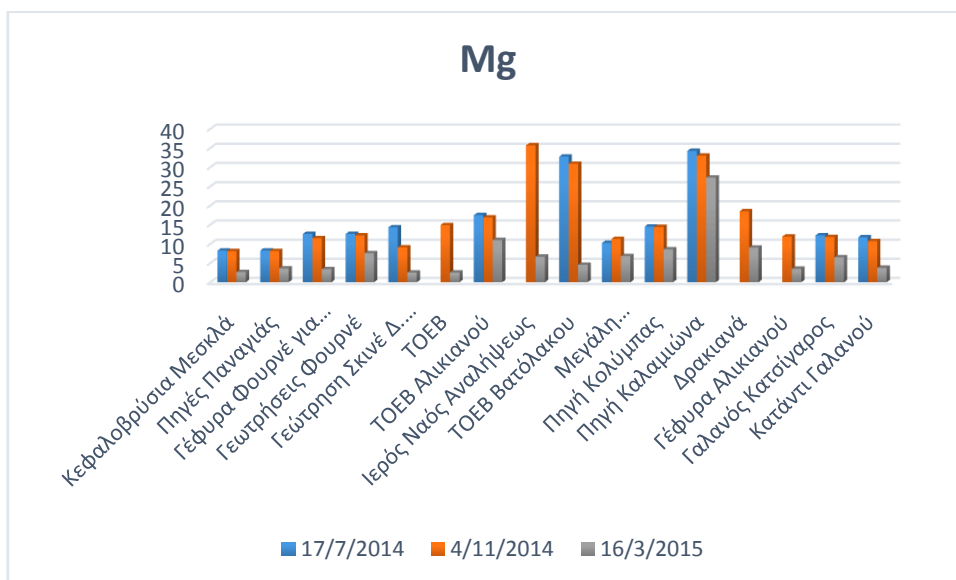
Σχήμα 5.7 Συγκεντρώσεις Ασβεστίου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.



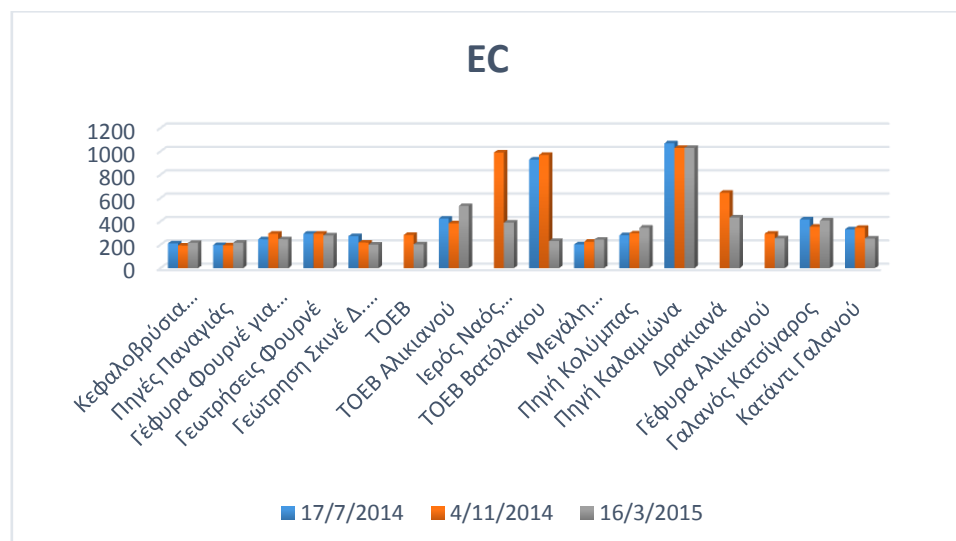
Σχήμα 5.8 Συγκεντρώσεις Ψευδαργύρου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.



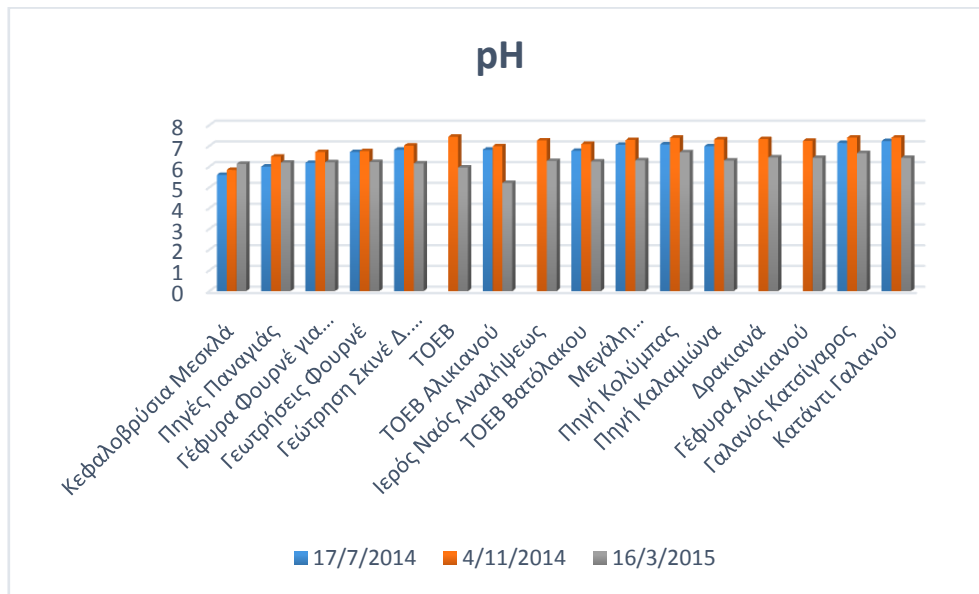
Σχήμα 5.9 Συγκεντρώσεις Μόλυβδου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.



Σχήμα 5.10 Συγκεντρώσεις Μαγνησίου κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.



**Σχήμα 5.11** Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.



**Σχήμα 5.12** Τιμές pH κατά τους 3 κύκλους δειγματοληψιών.

Στα αποτελέσματα των αναλύσεων που παρουσιάστηκαν ανωτέρω μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα παρακάτω:

- Υπάρχει μια αξιοπρόσεκτη σταθερότητα στις τιμές που προσδιορίστηκαν για κάθε παράμετρο στα δείγματα από την ίδια πηγή ή γεώτρηση καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης του έργου. Αυτό δείχνει νερό σταθερής ποιότητας ανεξάρτητα από την εποχή δειγματοληψίας, τουλάχιστον για τη διάρκεια του έργου.
- Σε πολλές περιπτώσεις υπήρξε αλληλοεπιβεβαίωση των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, δείγματα που παρουσίαζαν υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσίαζαν επίσης υψηλή περιεκτικότητα σε ολικά στερεά, και υψηλές συγκεντρώσεις ορισμένων ιόντων όπως ασβεστίου, μαγνησίου θεικών κλπ. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σωστά και ότι τα αποτελέσματα στο σύνολό τους είναι αξιόπιστα.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων κατηγοριοποιούν από πλευράς ποιότητας νερού τις πηγές και της γεωτρήσεις που εξετάστηκαν σε δύο ομάδες: μια ομάδα που περιλαμβάνει την πηγή του καλαμιώνα και τη γεώτρηση του Κουφού, και μια άλλη ομάδα που περιλαμβάνει όλες τις υπόλοιπες πηγές και γεωτρήσεις.

- Οι τιμές των προσδιοριζόμενων παραμέτρων για τα δείγματα που προέρχονται από την ίδια ομάδα πηγών είναι παρόμοιες και σχετικά σταθερές καθ' όλη τη

διάρκεια υλοποίησης του έργου. Διαφορές που παρουσιάστηκαν σε μερικές μετρήσεις γενικότερα δεν ήταν επαναλαμβανόμενες και μπορεί να θεωρηθεί ότι προήλθαν από πιθανές μολύνσεις των δειγμάτων σε κάποιο στάδιο της δειγματοληψίας ή της ανάλυσής τους.

Η χημική σύσταση των νερών των πηγών Αγυιάς και των πηγών Μεσκλών είναι περίπου η ίδια. Τούτο αποτελεί ένδειξη ότι το υπόγειο νερό προέρχεται από υπόγειους υδροφορείς οι οποίοι αναπτύσσονται στους ίδιους γεωλογικούς ασβεστολιθικούς σχηματισμούς των Λευκών Ορέων που συνεχίζονται μέχρι τις θέσεις αναβλύσεως των πηγών αυτών.

Οι πηγές Κουφού τροφοδοτούνται επίσης από υπόγειο νερό των Λευκών Ορέων το οποίο όμως κατά την κίνησή του προς τις πηγές διέρχεται από πετρώματα γύψου, γεγονός που δικαιολογείται την αυξημένη συγκέντρωση θειϊκών αλάτων. Επίσης το νερό της δυτικότερης πηγής Καλαμιώνα της Αγυιάς έχει χημική σύσταση περίπου αυτή των πηγών Κουφού. Τούτο ενδεχόμενα οφείλεται στην υδραυλική επικοινωνία των πηγών Κουφού με την πηγή Καλαμιώνα μέσω ρήγματος διεύθυνσης Δ-Α το οποίο έχει επισημανθεί.

Η ποιότητα των νερών των πηγών Αγυιάς, Μεσκλών και Αναβάλλοντα είναι υψηλή και παρουσιάζει ιδιαίτερη σταθερότητα ανεξάρτητα από την εποχή της δειγματοληψίας. Γενικά τα νερά αυτά, μετά από κατάλληλη απολύμανση μπορούν να θεωρηθούν εξαιρετικής ποιότητας για ύδρευση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Βουδούρη Σωτηρία, Στρωματία Ειρήνη – Επίδραση ανθρωπογενών παραμέτρων στους υδατικούς πόρους της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη (Πτυχιακή Εργασία του ΤΕΙ Κρήτης, Παράρτημα Χανίων, Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος) – Χανιά 2006

<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse2/stef/sdfp/2006/StromatiaBoudouri/attached-document/2006StromatiaBoudouri.pdf>

[2] Δερματάς Δημήτρης – Ρύπανση Εδάφους και των Υπόγειων Υδροφορέων – Σημειώσεις Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

[https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAAahUKEwlrODOqbnIAhXDaRQKHYG-CiE&url=http%3A%2F%2Fenviron.survey.ntua.gr%2Ffiles%2FDermatas\\_Ypogeia\\_Nera1.doc&usq=AFQjCNEHR35KFG\\_EHjJd7g8N9z4UKQV4Sw&bvm=bv.104819420,d.d24](https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAAahUKEwlrODOqbnIAhXDaRQKHYG-CiE&url=http%3A%2F%2Fenviron.survey.ntua.gr%2Ffiles%2FDermatas_Ypogeia_Nera1.doc&usq=AFQjCNEHR35KFG_EHjJd7g8N9z4UKQV4Sw&bvm=bv.104819420,d.d24)

[3] Λυδάκης-Σημαντήρης Νικόλαος – Τελική Τεχνική Έκθεση του προγράμματος Αρχιμήδης ΙΙ Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα ΤΕΙ, υποέργο με τίτλο « Διερεύνηση της ποιότητας νερού του ευρύτερου ασβεστολιθικού υδροφόρου συστήματος πηγών Αγιάς Δυτικής Κρήτης »

[4] Ρίγλης Σ. – Το υδατικό δυναμικό του νόμου Χανίων, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Χανίων – Χανιά 1996

[5] Σταματόπουλος Ευθυμίου – Υδρογεωλογική & Υδρογεωφυσική μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Λίμνης Αγιάς – Λεκάνη Κερίτη Ποταμού (Πτυχιακή Εργασία του ΤΕΙ Κρήτης, Παράρτημα Χανίων, Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος) – Χανιά 2008

<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/sdfp/2008/StamatopoulosEfthymios/attached-document/2008stamatopoulos.pdf>