



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

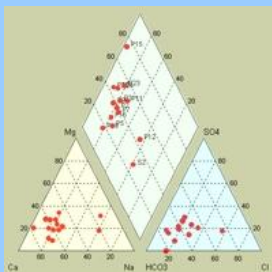
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»



## ΤΟ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΑΡΗΣ- ΒΑΡΚΙΖΑΣ



*Πάντου Χριστίνα  
Γεωλόγος*



Επιβλέπων: Ομότιμος Καθηγητής Ι. Κουμαντάκης

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ»

Αθήνα, Μάρτιος 2013



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

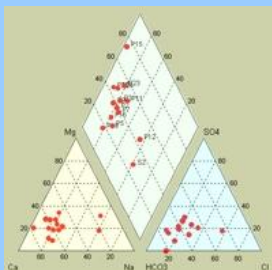
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»



## ΤΟ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΑΡΗΣ- ΒΑΡΚΙΖΑΣ



*Πάντου Χριστίνα  
Γεωλόγος*



Επιβλέπων: Ομότιμος Καθηγητής Ι. Κουμαντάκης

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ»

Αθήνα, Μάρτιος 2013

*Στους ανθρώπους που με βοήθησαν...*

### Ευχαριστίες...

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία ασχολείται με την διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και ποιοτικών κατά κύριο λόγο χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Βάρης. Το θέμα αυτό μου ανατέθηκε από τον καθηγητή της Σχολής Μεταλλειολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κ. Ιωάννη Κουμαντάκη και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι για την πλήρη και επιτυχή ολοκλήρωση του κύκλου σπουδών μου στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Επιστήμη και Τεχνολογία των Υδατικών Πόρων.

Η εκπόνηση της εργασίας αυτής ήταν ιδιαίτερος επίπονη, απαιτώντας μεγάλη ψυχική και πνευματική προσπάθεια. Τώρα που η προσπάθεια μου έφτασε στη δύση της, θα ήθελα να ευχαριστήσω αρκετούς ανθρώπους που διαδραμάτισαν καταλυτικό ρόλο στην περάτωση αυτής της μελέτης.

*“Κατ’αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Ιωάννη Κουμαντάκη, για την αμέριστη, διαρκή και ουσιώδη συμπαράσταση του, αλλά και την εμπιστοσύνη, που μου έδειξε καθ’ όλο αυτό το διάστημα της ενασχόλησής μου με το θέμα. Ήταν πάντα δίπλα μου, ότι ώρα και να ζητούσα την βοήθεια του και τα εποικοδομητικά του σχόλια και η κριτική επί του κειμένου, για την πορεία της εργασίας μου, έγιναν «εργαλεία» για την επιτυχή ολοκλήρωση της. Επίσης τον ευχαριστώ από καρδιάς, γιατί μέσα από τον κύκλο των μεταπτυχιακών σπουδών μου, πήρα χρήσιμες και πολύτιμες γνώσεις, όχι μόνο για το αντικείμενο των μαθημάτων, αλλά και γνώσεις που με έκαναν και θα με κάνουν καλύτερο άνθρωπο.*

*Ειλικρινείς ευχαριστίες οφείλω στον κ. Κώστα Μαρκαντώνη - Δρ. Γεωλόγο, του εργαστηρίου, ο οποίος με υποστήριξε κατά τα πρώτα μου βήματα στην διεξαγωγή των εργαστηριακών αναλύσεων αλλά και έθεσε στην διάθεσή μου τον εξοπλισμό του Εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας για τις υδροχημικές αναλύσεις των δειγμάτων νερού.*

*Ευχαριστώ θερμά την Ελένη Βασιλείου – Δρ. Μηχανικό Μεταλλείων Μεταλλουργών για την βοήθεια της στην εργασία μου, που ήταν όχι μόνο καθοδηγητική αλλά και έμπρακτη και χωρίς εκείνην δεν θα είχε έρθει εις πέρας.*

*Παράλληλα επιθυμώ να ευχαριστήσω τη Σταυρούλα Δραγουμάνη για την διεξαγωγή των μικροβιολογικών αναλύσεων στα δείγματα μου, τα οποία πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Γεωλογίας.*

*Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Νίκο Σταθόπουλο- Μηχανικό Μεταλλείων Μεταλλουργών, που με την βοήθεια του και με την υπομονή του, προς το πρόσωπο μου, με βοήθησε στην σύνθεση όλων των χαρτών της εργασίας αυτής, με την χρήση του λογισμικού GIS, σε σύντομο χρονικό διάστημα.*

*Ευχαριστώ την αναπληρώτρια καθηγήτρια - Γεωλόγο Θεοδώρα Ροντογιάννη, της Σχολής Μεταλλειολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τις πολύτιμες συμβουλές της, στην σύνθεση της εργασίας αυτής.*

*Ευχαριστώ τον αναπληρωτή καθηγητή – Υδρογεωλόγο Γεώργιο Σταμάτη, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για τις χρήσιμες συμβουλές του και την βοήθεια του, στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.*

*Ευχαριστώ θερμά τον διευθυντή του εργαστηρίου Δημήτριο Ρόζο - αναπληρωτή καθηγητή, της Σχολής Μεταλλειολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την διάθεση του εργαστηριακού εξοπλισμού κατά την διάρκεια των χημικών αναλύσεων.*

*Θα ήθελα να αναφέρω την εκτίμησή μου στον κύριο Κουκουβίνο – Τοπογράφο Μηχανικό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την παραχώρηση της ψηφιοποίησης, του γεωλογικού χάρτη της περιοχής μελέτης μου.*

*Ευχαριστώ τον διδάκτορα Ihyane Bouazza του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Πανεπιστημίου Αθηνών, για την ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη της περιοχής μελέτης μου.*

*Είμαι ευγνώμων στον κύριο Κώστα Σφέτσα σύμβουλο του Δήμου Βάρης, που συναίνεσε στην δειγματοληψία της εργασίας μου.*

*Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου Κώστα και Αναστασία καθώς και τον*

*αδερφό μου Παναγιώτη, που με την υπομονή, την βοήθεια και το κουράγιο τους, μου πρόσφεραν την απαραίτητη ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας».*

*Πάντου Χριστίνα*

*Μάρτιος 2013*

## Περιεχόμενα

---

Ευχαριστίες.....	4
Περιεχόμενα.....	7
Περίληψη.....	10
Extended abstract.....	11
Subject of the study.....	11
Structure of the study.....	12
Bibliographical presentation.....	12
Methology.....	14
Main findings – discussion.....	16
Conclusions.....	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Εισαγωγή.....</b>	<b>20</b>
1.1 Γενικά.....	20
1.2 Σκοπός – Αντικείμενο Μελέτη.....	21
1.3 Μεθοδολογία.....	22
1.4 Διάρθρωση της εργασίας.....	26
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Περιοχή Έρευνας.....</b>	<b>27</b>
2.1 Γεωγραφικά Στοιχεία.....	27
2.2 Ιστορικά Στοιχεία.....	29
2.3 Αρχαιολογικά Στοιχεία.....	29
2.4 Πληθυσμιακή εξέλιξη.....	29
2.5 Οικονομία - Χρήσεις γης.....	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Γεωλογικές Συνθήκες.....</b>	<b>36</b>
3.1 Γενικά.....	36
3.2 Λιθοστρωματογραφική διάρθρωση της περιοχής έρευνας.....	38
3.2.1 Αυτόχθονο σύστημα.....	40
3.2.2 Κατώτερη Τεκτονική Ενότητα (Επωθημένο Κάλυμμα).....	42
3.2.3 Τριτογενής Ενότητα.....	42
3.2.4 Τεταρτογενές.....	43
3.3 Μορφολογία.....	44
3.3.1 Γενικά.....	44
3.3.2 Υδρογραφικό δίκτυο.....	46
3.4 Τεκτονική.....	48
3.5 Σεισμικότητα.....	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 :Υδρογεωλογικές Συνθήκες.....</b>	<b>51</b>
4.1 Γενικά.....	51

4.2 Υδρολιθολογική Ταξινόμηση.....	54
4.2.1 Υδροπερατοί σχηματισμοί.....	54
4.2.2 Σχηματισμοί μέτριας περατότητας.....	55
4.2.3 Αδιαπέρατοι σχηματισμοί.....	56
4.3 Υπόγεια Υδροφόρα Συστήματα.....	59
4.3.1 Καρστικά Συστήματα.....	59
4.3.2 Κοκκώδεις Συστήματα.....	60
4.3.2.1 Νεογενή.....	61
4.3.2.2 Τεταρτογενείς αποθέσεις.....	61

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Μετεωρολογικά – Κλιματολογικά Στοιχεία.....63**

5.1 Γενικά.....	63
5.2 Κλίμα.....	64
5.3 Θερμοκρασία αέρα.....	66
5.4 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.....	69
5.5 Ατμοσφαιρική Πίεση.....	71
5.6 Υγρασία της Ατμόσφαιρας.....	72
5.7 Ηλιοφάνεια και Νέφωση.....	73
5.8 Άνεμοι.....	74
5.9 Εκτίμηση Υδρολογικού Ισοζυγίου.....	78

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ποιότητα Υπόγειων Νερών.....85**

6.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την Χημική Σύσταση των Υπόγειων Νερών.....	85
6.2 Ιοντοανταλλαγή.....	86
6.3 Φυσικοχημικές παράμετροι των υπόγειων νερών.....	87
6.4 Σημαντικότερα Χημικά Στοιχεία & Ενώσεις των Υπόγειων Νερών.....	94
6.5 Ιοντικές Σχέσεις.....	99
6.6 Ρύπανση Υπόγειων Νερών.....	102
6.6.1 Εισαγωγή.....	102
6.6.2 Τρωτότητα Υπόγειων Υδροφορέων.....	102
6.6.3 Πηγές Ρύπανσης των Υπόγειων Νερών.....	104
6.7 Μικροβιακή Ρύπανση Υπόγειων Νερών.....	111
6.7.1 Γενικά χαρακτηριστικά των Μικροοργανισμών.....	111
6.7.2 Μόλυνση των Υπόγειων Υδάτων.....	112

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή μελέτης.....114**

7.1 Εκτίμηση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων.....	114
7.2 Συλλογή δειγμάτων υπαίθρου.....	115
7.3 Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων.....	118
7.4 Επεξεργασία αποτελεσμάτων – αναλύσεων.....	119
7.4.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	119
7.4.1.1 Κατανομή αγωγιμότητας.....	122
7.4.1.2 Κατανομή Θερμοκρασίας.....	127
7.4.2 Αποτελέσματα των υδροχημικών αναλύσεων.....	130
7.4.2.1 Κατανομή ιόντων χλωρίου.....	137
7.4.2.2 Κατανομή νιτρικών.....	141
7.5 Συσχέτιση των χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού.....	145
7.6 Ιοντικές σχέσεις.....	149



7.7 Υδροχημικά διαγράμματα των χημικών αναλύσεων.....	153
7.8 Μικροβιολογικές αναλύσεις.....	164
7.8.1 Μεθοδολογία Μικροβιολογικών αναλύσεων.....	164
7.8.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	164
7.9 Καταλληλότητα του νερού για διάφορες χρήσεις.....	167
7.9.1 Κριτήρια ποσιμότητας.....	167
7.9.2 Καταλληλότητα για αρδευτική χρήση.....	173
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Οδηγία Πλαίσιο.....</b>	<b>177</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: Συμπεράσματα – Προτάσεις.....</b>	<b>185</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>192</b>
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	192
Ξένη βιβλιογραφία.....	195
Πηγές Διαδικτύου.....	195
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>197</b>
<b>Παράρτημα Ι.....</b>	<b>197</b>
Κεφάλαιο 1: Υδρομετεωρολογικά δεδομένα.....	198
Κεφάλαιο 2: Υδροχημικές αναλύσεις.....	207
<b>Παράρτημα ΙΙ.....</b>	<b>223</b>
Συλλογή φωτογραφιών.....	224

## Περίληψη

---

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η έρευνα του υδρογεωλογικού καθεστώτος της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη ποιότητα των υπόγειων υδατικών της πόρων.

Η λεκάνη της Βάρης έχει έκταση 32,09 km<sup>2</sup>. Η περιοχή της Βάρης, είναι δομημένη ανάμεσα στους νότιους ορεινούς όγκους του Υμηττού, κοντά στις ακτές του Σαρωνικού. Νοτιοδυτικά συνορεύει με τον Δήμο Βουλιαγμένης, βορειοδυτικά με τον Δήμο Βούλας, ενώ βόρεια και ανατολικά με τον Δήμο Κρωπίας, ενώ ανατολικά με την Άνοιξη και την Αγία Μαρίνα Κορωπίου. Νότια βρέχεται από τον όρμο της Βάρκιζας, όπου είναι και η παραθαλάσσια ζώνη της Βάρης.

Πραγματοποιήθηκε, δειγματοληψία υπόγειων νερών, στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Βάρης - Βάρκιζας, κατά την διάρκεια των περιόδων 19-20 Ιουλίου και 6-7 Νοεμβρίου 2012 (που αντιστοιχεί στην περίοδο της χαμηλής στάθμης του υδροφόρου). Πιο συγκεκριμένα την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 ελήφθησαν 17 δείγματα νερού από τα οποία τα 11 ήταν γεωτρήσεις (G1-G11) ενώ τα υπόλοιπα 6 ήταν πηγάδια (P1-P6). Τη δεύτερη περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 ελήφθησαν δείγματα από τις ίδιες θέσεις και με την προσθήκη κάποιων νέων επιλεγμένων θέσεων. Ειδικότερα ελήφθησαν 30 δείγματα από τα οποία 18, ήταν γεωτρήσεις (G1-G18), ενώ τα υπόλοιπα 12 (P1-P12) πηγάδια.

Αρχικά δίνεται βιβλιογραφικά η περιγραφή της περιοχής μελέτη. Ακολουθεί η περιγραφή της γεωλογίας και της υδρογεωλογίας της περιοχής. Στην συνέχεια περιγράφεται το κλίμα της περιοχής αλλά και οι βασικοί παράμετροι που συμβάλουν στην ποιότητα του υπόγειου νερού. Το κυριότερο ερευνητικό κομμάτι και βασικός στόχος της παρούσας εργασίας, είναι η υδροχημική ανάλυση των υδάτων της περιοχής, που ακολουθεί στη συνέχεια όλων των προαναφερθέντων στοιχείων και δεδομένων. Επιπλέον, ακολουθεί περιγραφή και ανάλυση των κατανομών (των συγκεντρώσεων) στη περιοχή, όλων των χημικών συστατικών του νερού, που αναλύθηκαν στο εργαστήριο. Αναλύονται οι υδροχημικοί τύποι των υδάτων, ο υδροχημικός τους χαρακτήρας, η ποιότητά τους, κ.α.. Εξετάζεται αναλυτικά το πρόβλημα υφαλμύρωσης που κυριαρχεί στην περιοχή.

Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με μια σύνοψη των κυριότερων συμπερασμάτων και τη διατύπωση ορισμένων προτάσεων, στη κατεύθυνση της βελτίωσης της υπάρχουσας κατάστασης της περιοχής.

## **Extended abstract**

### **Subject of the study**

The subject matter of the present work, is the survey of the hydrological condition of the region area of the basin of Vari – Varkizas, with an emphasis on the quality of its ground water resources.

The study area is developed SE of Mount Hymettus. More specifically includes the area of Vari – Varkiza, Kitsi region and continues closing the south side of the area of Koropi.

The aim of this thesis is twofold. Firstly, the chemical evaluation of underground water reserves to their suitability for various uses in the wider area of the basin Vari - Varkiza and secondly to assess the current environmental situation in order to contribute the rational management of water resources to meet future needs.

The main problem facing the region is the salination, which is found by very high concentration of chlorine throughout the basin. The extensive agricultural activity in the area adds burden on the quality of surface and ground waters.

To investigate the hydrogeological conditions of the area applied the following methodology:

- Bibliographic search of the area focus on sound knowledge and to the understanding of the special geological mechanisms that take place.
- Were sampled in two periods (19-20 July and 6-7 November). The results of chemical analyzes, interpreted and evaluated based on the specific characteristics of the region. Maps, hydrochemical diagrams designed to better spatial resolution of chemical parameters in the study area, with the aid of programs Aquachem, Surfer and G.I.S..

### **Structure of the study**

This study includes, besides the introductory chapter 1, even 8 chapters and two appendices:

- Chapter 2 includes the completely description of the wider study area.
- Chapter 3 describes the geological conditions of the area of interest.
- Chapter 4 analyzes the hydrogeological conditions of the study area.

- Chapter 5 presents the processing of meteorological and climatic data of the region.
- Chapter 6 refers to the quality of groundwater and the factors which influenced.
- Chapter 7 describes the current situation of the study area, such as the salinization of the coastal zone, the quality degradation and the spatial distribution of other chemical parameters in the region.
- Chapter 8 refers to the Community framework directive on ground water systems.
- Chapter 9 sets out the conclusions of the work and recommendations to optimize existing condition.
- In Appendix I presents the results of laboratory analyzes, the nomenclature and the positions of the samples in the map, hydrochemical maps, created for the study area and tables relating to meteorological data in the region.
- In Appendix II includes list in photographs of the area study.

## **Bibliographical presentation**

The most important books and scientific papers that were used for this assignment are the following:

### **Greek Bibliography**

**Aggelakopoulou P., 2011.** Master thesis: The water regime of the basin Anavyssou with emphasis on groundwater. NTUA, "Science and technology of the water resources."

**Anagnostopoulos A., 2008/09.** NTUA IPPS • Urban Planning-design approach in Greece).

**Alexakis, j., 1998.** Environmental - Hydrogeochemical study areas of Eastern Attica, Master thesis, University of Athens, Department of Geology, Athens.

**Voudouris K., 2006.** Topics hydrogeological environment, Thessaloniki.

**Georgalas G. and J. Koumantakis. 1995.** Temperature regime karst groundwater system Hymettus, Proceedings of the 3rd Hydrogeological Congress of the Greek Committee of Hydrogeology with emphasis on hydrogeological problems of islands, Heraklion Crete.

**Georgalas, L., 1996.** Hydrogeological conditions karst system. Hymettus, Athens, PhD Thesis, NTUA, School of Mining Engineering.

**Ellinas A., 2005.** The hydrogeological regime in plain Mesogeia with emphasis on groundwater quality, Diploma Thesis. NTUA, BMI "Science and tchnologia water resources."

**Zervogianni-Makriyannis, M., 1969.** Preliminary hydrogeological study basin Mesogeion Attica, Ministry of Agriculture, General Agriculture, Y.E.V., address I, Section B, Geological, p 33, Athens.

**Kallergis G., 2002.** Pollution control and groundwater remediation techniques, Proceedings of the 9th International Conference of the Greek Geological Society, with emphasis on contributing to the development of Geosciences, vol. XXXIV / 6, sel.2275 – 2302.

**Lekkas S. - A. Alexopoulos, 2005.** "Introduction to Hydrogeology".

**Marinos C. - Petrascheck W., 1956.** Lavrio - I.G.E.IY. Geologikai and Geofysikai studies, vol. IV, No. 1. p 247.

**Mariolopoulos H., 1982.** The climate of Greece. Compendium. Akdimia Athens, Research Center for Atmospheric Physics and Climatology, Publication 7, 66s.

**Bosinakou P., 2002.** The hydrogeological study of the area of the basin of the Abyss, Graduate work. NTUA, "Science and tchnologia water resources".

**Soulios, 2006.** General hydrogeology, groundwater quality, pollution - contamination of groundwater, Fourth Volume, Thessaloniki.

## **Foreign Bibliography**

**Clement B. – Katsikatsos G., 1982.** Etudes géologiques d'un secteur des zones internes des Hellenides . L' Attique septentrionale (Grèce continentale)\_Annales de la Société géologique du nord . v.51.pp.87-96.

**Freeze R.A., and Cherry, J.A., 1979.** Groundwater, Prentice-Hall, New Jersey, U.S.A. 604pp.

**Γαιτανάκης Π., Τσαίλα – Μονοπόλη Σ.** Neu Daten zur Geologie und Stratigraphie der Insel Aegina (Griechenland) Mitt, Gess Geol. Bergbaustud . Osterr 25. Wien

**Katsikatsos G. 1977.** La structure tectonique d' Attique et de l' île d' Eubée . vi Coll. Geol .Aegean Region, Athens.

**LepsiusR., 1893.** Geologie von Attika , Berlin. (μετάφραση Βουγιούκα) Αθήνα σελ.589.

**Renz C. 1955.** Die vorneogen Stratigraphie der normal sedimentären Formationen Griechenlands. I.G.S.R. p. 637, Athens.

## **Internet sources**

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%84%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE>

[http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem\\_cr6.htm](http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_cr6.htm)

<http://www.pneumon.org/828/newsid844/4>

There were also used a number of scientific papers and books. These are presented at the end of the assignment, in the bibliography section.

## **Methology**

The steps that were followed in the preparation of this master thesis are:

### **I. Selection of study area**

### **II. Bibliography review**

### **III. Field work:**

- Sampling of groundwater in the area of river Vari - Varkiza during the periods July 19-20 and November 6-7, 2012 (corresponding to the period of low groundwater). In particular the period 19-20 July 2012 were 17 samples of water from which 11 were drilling (G1-G11) and the remaining 6 were wells (P1-P6). The second period 6-7 November 2012 samples were taken from the same

positions and adding some new selected positions. Specifically taken 30 samples of which 18 were drilling (G1-G18), whereas the remaining 12 (P1-P12) wells.

During the preparation of sampling, the pump operated for a short time until the water cleaned from airborne particles. Thus it was not necessary in all cases filtration of the samples. The water sample was placed in clean sterile polyethylene bottles. Those bottles were rinsed well with water from the drilling / well, were sealed tightly and were stored at refrigerator temperature 4°C, until the chemical analysis.

- Measurements countryside: temperature, conductivity (portable conductivity meter model) 330i/SET of WTW and pH: a portable pH meter model 340/ION of WTW.
- Collection of water samples in sterile containers of 100 ml for microbiological analysis at the second sampling period (6-7 November).

#### **IV. Laboratory:**

After completion of sampling followed laboratory analysis. The chemical analyzes were performed with the spectrophotometer. The flame spectrophotometer and titration methods are lab equipments at the laboratory of Engineering Geology and Hydrogeology, and microbiological analyses were performed in the laboratory of Geology the Faculty of Mining and Metallurgical Engineers of NTUA .

#### **V. Processing of the results of the hydrochemical analysis:**

The process of the results of the hydrochemical analysis was used the software Aquachem and the software Microsoft Excel 2003. The results were converted from mg/l to meq / l. The calculation of the error balance, the TDS (total dissolved solids), the SAR (adsorption coefficient) and relations Mg / Ca, Cl/SO<sub>4</sub>, Na / Cl were calculated using the software Aquachem. Also the construction diagrams concerning the distributions of the data was generated by the software Microsoft Excel 2003.

#### **VI. Hydrochemical composition diagrams and hydrochemical map:**

The results of hydrochemical analysis plotted on the hydrochemical diagrams: Piper, Durov, Ludwing Langeller, Schoeller & Wilcox by using the program Aquachem and were designed on maps (hydrochemical, topographical, geological, microbiological) using programs GIS & Surfer.

## **Main findings – discussion**

Vari is located 26 km south of Athens. It belongs to the Prefecture of Eastern Attica, Attica Region. It is structured in the southern end of the massif of Mount Hymettus, near the coast of the Saronic Gulf. Southwest bordered with the municipality of Vouliagmeni, northwest with the municipality of Voula, while the north and east by the municipality Kropia. This area increased the population at 14,35 % within the last decade (2001). The water needs are today supplied through EYDAP and the irrigation through private wells and boreholes.

The hydrogeological conditions that developed to one area are being determined by various factors like: the hydro meteorological conditions, the climate, the area geomorphology and the human intervention.

It is well known that, the geo-morphological characteristics influence directly the water runoff and infiltration: the distribution and density of the hydrographic network demonstrates the hydrogeological unities and the relief influences the climatologically conditions. The basin of Vari can be divided into two parts, a mountain with steep slopes and a maximum altitude of 760 m (Mount Mavrovounio) and one flat, which covers a wider range of it.

The climate in the region bordering the Mediterranean type weights, with rain and the cold season drought with high temperatures during the summer. The average annual rainfall is 458,1 mm and a mean annual temperature of 16.5 ° C. Of the 458,1 mm (14,7 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, volume of water equal in the catchment) water to 323,56 mm (or 10,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, volume of water equal in the catchment) is real evapotranspiration, 134 5 mm (or 4,3 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, volume of water equal in the catchment), total runoff (runoff and infiltration) and 26.6% (or 3,9 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) are those infiltrating water in the basin of vari.

The basin of Vari developed over permeable formations (limestones, dolomites, Quaternary deposits) that have corroded. Background easy erosion, combined with the mild tectonic regime in the area, helping the evolution of the drainage network. Main stream in Corby is the stream which is seasonally dry, with normal seasonal diet that follows the average rainfall, ie small rainfall and a few days of rain from mid-April to early October, with a significant increase on the balance space



The geological formations that make up the South Attica, where it belongs, and the study area is transformed or semi-transformed and consist of a relatively lower indigenous system of marbles and schists Mesozoic age, which has been described as a series of Hymettus - South Attica (Katsikatsos.,1992). On the autochthonous system is obducted formations of the invasive cover phyllites which are phyllites, limestones, marbles, serpentines and prasinite. The phyllites nape belongs geotectonic in Neohellenic tectonic nape. Discordant over the previous formations deposited lacustrine and terrestrial sediments of Neogene-Quaternary.

The Neogene sediments consist of marls, clays, sandstones, conglomerates in the middle classes and gradually move to more coarse phases on top.

The Quaternary deposits cover a considerable extent of the area of the basin Vari. This relatively recent torrential deposits, the oldest and side recently scree and modern coastal formations and the disintegrators existing rocks.

Vari and Varkiza is a part of narrow tectonic graben, a North-N, which extends across the width of Attica and is filled with Neogene sediments. This is due to the fact that throughout the lowland have full coverage from alluvial.

The marbles lying west of Vari inclined  $20^\circ$  to SE, while the easterly slope to  $20^\circ$  NW leading to the valley is a converging

Based on the permeability of the rocks of the study area is divided into: ydroperatous formations (modern coastal formations, marbles, limestones and dolomites) occupying the largest area of the study area (68.69 v / extent of the study area), moderate permeability (Neogene and quaternary sediments, ophiolites and schists Varis) and impermeable formations (lower Cretaceous shales), the expansion of which is shown in the geological map.

Of the study area developed two types of aquifers, the karstic system and grainy. The karstic aquifers regards carbonate formations that appear in the study area and semi transformed - transformed. It is about the lower marble formations including the Upper Cretaceous limestones, dolomites of the Pirnaris and shale of Vari.

The formulations of the lower marble is highly fractured, with concentrated system discontinuities and karstified as evidenced by the presence karst conduits and caverns. In the basin of Vari formations marble covering the lower part of the Northeast, the Southeast and the Southwest Section.

The supply of underground karst aquifers is the rich infiltration of precipitation, which is evidenced by the incomplete development of the drainage network in the areas that comprise the lower formations of marble.

The granular aquifer systems based on the survey area divided into the following two categories: Neogene and Quaternary deposits.

The Neogene in total not important aquifer formation due to rotations impermeable bedrock, such as loam and clays while permeability is a direct function of lithology. The Neogene occupy Northeast and Southwest plains of the study area. The main power is supplied from atmospheric fallout.

The Quaternary sediments hosting the main aquifer, which is heavily exploited in the study area. This category includes the modern coastal formations, deposits the beds of streams, side and potamochersaies scree deposits.

## **Conclusions**

The main conclusions that were drawn are the following:

Based on the qualitative aspects of groundwater, the results of chemical analyzes, position and type of hydrological project and the type of aquifer that exploits emerged that:

- the northern and central portion of the study area and the karstic aquifers have water conductivity that exceeds 2000 mS / cm and in some places more than 3000 mS / cm
- Also the same sections show large concentrations chlorinated. Regarding nitrates, almost all of the study area presents a serious problem of increased concentrations reaching up to 432 mg / l (P2 in November month).

- It is useful to mention that the hydrological project G2, G7, G9, G10, G13, G14, G15, G16, P2 & P9 showed parallel change conductance in chlorinated and nitrates in both sampling periods, hence their water, is strictly inappropriate.
- There were high values of water temperature, especially in the carbonate rocks (Lower marble, dolomite Pirnaris). Also, there are high prices, water potamothersaion land formations (Pleistocene). This is probably due to the power of the carbonate rocks or possible to extend them to the sea, beneath the silt.
- All waters of the study area are classified in terms of hardness in the category of very hard water. The mean permanent hardness for July 2012 is 540,23 mg / l CaCO<sub>3</sub> and for November is 538,69 mg / l CaCO<sub>3</sub>.
- Finally, with the use of the diagram of irrigation suitability (Wilcox) are 6 types of irrigation water, which are C3-S1, C3-S2, C3-S3, C4-S1, C4-S2 & C4-S3 (only G11 the period of July).

According to hydrochemical survey briefly mentioned in the previous paragraph and microbiological analysis (during the second sampling period) that was part of this study, it was certified the degradation of groundwater quality with few exceptions. Specifically, the ground water was unfit for drinking, irrigation and the use in some cases it can be done only by conditions such as the cultivation of resistant plants.

### 1.1 Γενικά

Η Μυθολογία και η Ιστορία είναι γεμάτες από την παρουσία του νερού, σε κάθε μορφή και κάθε χρήση. Τόμοι ολόκληροι, θα χρειάζονταν για να περιγράψουν, απλά, χωρίς να αναλύσουν, την παρουσία του υδάτινου στοιχείου στη Μυθολογία και στις ιστορικές σελίδες κάθε λαού και έθνους. Είναι φυσικό, το νερό, ως βασικό στοιχείο του φυσικού κόσμου, ως θάλασσα, ποτάμι, λίμνη, πηγή, πηγάδι, βροχή, χιόνι, χαλάζι, υδρατμός κ.α. να θεοποιηθεί, όπως και κάθε άλλο φυσικό στοιχείο, που επηρέαζε την ζωή του ανθρώπου και δε μπορούσε να το ελέγξει.

Η σημερινή κατάσταση της ποιότητας του νερού, προβληματίζει σοβαρά τον σύγχρονο άνθρωπο. Για την προστασία του, απαιτείται ευαισθητοποίηση και ανάληψη δράσης από τον καθένα μας. Το νερό είναι η βάση της ζωής στον πλανήτη, σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO), κάθε χρόνο 3.4 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν από ασθένειες λόγω μολυσμένου νερού, ενώ περισσότεροι από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι, δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό νερό.

Ο ΟΗΕ προειδοποιεί ότι, εάν οι κυβερνήσεις δεν λάβουν σύντομα μέτρα, η παγκόσμια κρίση που έχει προκληθεί εξαιτίας του φαινομένου της έλλειψης πόσιμου νερού, μπορεί να βρεθεί εκτός ελέγχου. Το 1995 ο αντιπρόεδρος της Παγκόσμιας Τράπεζας, είχε κάνει μια δυσοίωνη πρόβλεψη, λέγοντας ότι « πολλοί από τους πολέμους αυτού του αιώνα έγιναν για το πετρέλαιο, αλλά οι πόλεμοι του επόμενου αιώνα θα γίνουν για το νερό » .

Το νερό καταλαμβάνει τα 7/10 της γήινης επιφάνειας. Τα επιφανειακά μη αλμυρά νερά (χειμάρροι, ποτάμια, λίμνες κλπ), μαζί με το μικρό ποσοστό υπογείων νερών αποτελούν μόνο το 1:1.000.000, του συνόλου των νερών της Γης.

Η ιστορία του ανθρώπου συμβαδίζει με την ιστορία του νερού, αφού οι πρωτόγονες ανθρώπινες κατοικίες ήταν κοντά σε λίμνες , ποταμούς και πηγές. Ένα από τα πιο ανησυχητικά φαινόμενα παγκοσμίως, είναι η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών. Η κατάσταση ολοένα και χειροτερεύει και η ανάγκη να ληφθούν άμεσα αυστηρά μέτρα είναι επιτακτική.

Η σχέση ανάμεσα στην υγεία και στην παρουσία ρυπαντών στο πόσιμο νερό είναι θέμα, το οποίο συγκεντρώνει μεγάλο ενδιαφέρον στις μέρες μας. Ένας περιοριστικός παράγοντας, όσον αφορά την ποσιμότητα του νερού, είναι η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων ρυπαντών.

Ανθρωπογενή και φυσικά αίτια είναι υπεύθυνα για την παρουσία των ρυπαντών και την ποιότητα του υπόγειου νερού. Τα αστικά λύματα, τα βιομηχανικά απόβλητα, τα στερεά απόβλητα, οι αγροτικές χρήσεις γης, οι μεταλλευτικές δραστηριότητες και η διείσδυση της θάλασσας στους υπόγειους υδροφόρους λόγω υπεραντλήσεων οφείλονται σε ανθρωπογενή αίτια. Αντίθετα, η ύπαρξη ορυκτών ή πετρωμάτων με υψηλότερες συγκεντρώσεις σε κάποια στοιχεία ή ειδικότερα η παρουσία κοιτασμάτων, η διείσδυση του θαλασσινού νερού στην ξηρά λόγω καρστ ή ρηγμάτων, περιλαμβάνονται στα φυσικά αίτια.

Στις μέρες μας, οι περιβαλλοντικές μελέτες αποτελούν ανεκτίμητο διαχειριστικό εργαλείο, που συμμετέχουν ενεργά στην ανάπτυξη κάθε τόπου.

Σε μια εποχή, όπου τα περιβαλλοντικά ζητήματα αναδύονται το ένα μετά το άλλο, η πολιτική της πρόληψης έναντι της θεραπείας, αποτελεί την πιο πετυχημένη συνταγή για την σωστή διαχείριση του περιβάλλοντος.

## **1.2 Σκοπός – Αντικείμενο Μελέτη**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η έρευνα του γεωλογικού και υδρογεωλογικού καθεστώτος της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Βάρης-Βάρκιζας με ιδιαίτερη έμφαση, στην ποιότητα των υπόγειων νερών.

Η περιοχή μελέτης αναπτύσσεται ΝΑ του όρους Υμηττού. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει την περιοχή της Βάρης – Βάρκιζας, την περιοχή Κίτσι και συνεχίζει κλείνοντας στη Νότια πλευρά της περιοχής του Κορωπίου.

Ο στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, είναι διττός. Αφενός, η χημική αξιολόγηση των υπόγειων υδάτινων αποθεμάτων ως προς την καταλληλότητα τους για διάφορες χρήσεις της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας και αφετέρου η εκτίμηση της υπάρχουσας περιβαλλοντικής κατάστασης, ώστε να συμβάλλει στην ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων για την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών.

Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η περιοχή είναι η υφαλμύριση, η οποία διαπιστώνεται με την ιδιαίτερα αυξημένη συγκέντρωση χλωριόντων, σε όλη την έκταση της λεκάνης. Η εκτεταμένη γεωργική δραστηριότητα στην περιοχή, επιβαρύνει πρόσθετα την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων νερών της.

Για τη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής, ακολουθήθηκε η εξής μεθοδολογία:

➤ Βιβλιογραφική έρευνα της περιοχής, με κύριο στόχο την καλή γνώση και κατανόηση των ιδιαίτερων γεωλογικών μηχανισμών, που λαμβάνουν χώρα σε αυτή και

➤ Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε δύο περιόδους. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, αξιολογήθηκαν και ερμηνεύτηκαν βάση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της περιοχής. Χάρτες, υδροχημικά διαγράμματα σχεδιάστηκαν για την καλύτερη χωρική ανάλυση των χημικών παραμέτρων στην περιοχή μελέτης.

### **1.3 Μεθοδολογία**

Τα στάδια (σχήμα 1.1) τα οποία ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας είναι τα εξής:

#### **I. Επιλογή περιοχής μελέτης**

#### **II. Βιβλιογραφική ανασκόπηση**

#### **III. Εργασίες υπαίθρου:**

♦ Δειγματοληψία υπόγειων νερών στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Βάρης - Βάρκιζας, κατά την διάρκεια των περιόδων 19-20 Ιουλίου και 6-7 Νοεμβρίου 2012 (που αντιστοιχεί στην περίοδο της χαμηλής στάθμης του υδροφόρου). Πιο συγκεκριμένα την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 ελήφθησαν 17 δείγματα νερού από τα οποία τα 11 ήταν γεωτρήσεις (G1-G11) ενώ τα υπόλοιπα 6 ήταν πηγάδια (P1-P6). Τη δεύτερη περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 ελήφθησαν δείγματα από τις ίδιες θέσεις και με την προσθήκη κάποιων νέων επιλεγμένων θέσεων. Ειδικότερα ελήφθησαν 30 δείγματα από τα οποία 18, ήταν γεωτρήσεις (G1-G18), ενώ τα υπόλοιπα 12 (P1-P12) πηγάδια.

Κατά το στάδιο της προετοιμασίας για τη δειγματοληψία, λειτουργούσε η αντλία για σύντομο χρονικό διάστημα, μέχρι να καθαρίσει το νερό, από τα αιωρούμενα σωματίδια, ώστε να μην είναι απαραίτητη σε όλες τις περιπτώσεις διήθηση του δείγματος. Το δείγμα του νερού, τοποθετήθηκε σε καθαρά αποστειρωμένα μπουκάλια πολυαιθυλενίου, τα οποία πρώτα ξεπλύθηκαν καλά με το ίδιο το νερό του υδροληπτικού έργου. Κλείστηκαν αεροστεγώς και στην συνέχεια συντηρήθηκαν σε ψυγείο σε θερμοκρασία 4° C, μέχρι να γίνει η χημική ανάλυση.

- ♦ Μετρήσεις υπαίθρου: θερμοκρασία, αγωγιμότητα με φορητό αγωγιμόμετρο μοντέλο 330i/SET της WTW και pH: με φορητό πεχάμετρο μοντέλο 340/ION της WTW.
- ♦ Συλλογή δειγμάτων νερού σε αποστειρωμένα δοχεία των 100 ml για μικροβιολογική ανάλυση, για την δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας (6-7 Νοεμβρίου).

#### **IV. Εργασίες εργαστηρίου:**

Μετά την ολοκλήρωση της δειγματοληψίας, ακολούθησε η εργαστηριακή ανάλυση. Οι χημικές αναλύσεις, πραγματοποιήθηκαν με το φασματοφωτόμετρο, με το φλογοφωτόμετρο και με μεθόδους τιτλοδότησης, που αποτελούν εργαστηριακό εξοπλισμό, του εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, ενώ οι μικροβιολογικές αναλύσεις έγιναν στο εργαστήριο Γεωλογίας, της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π.

#### **V. Επεξεργασία των αποτελεσμάτων των αναλύσεων**

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των υδροχημικών αναλύσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Aquachem, καθώς και το λογισμικό Microsoft Excel 2003. Πιο συγκεκριμένα η μετατροπή των συγκεντρώσεων σε mg/l, ο υπολογισμός του σφάλματος του ισοζυγίου, το T.D.S (συνολικά διαλυμένα στερεά), το SAR (συντελεστής προσρόφησης) και οι σχέσεις Mg/Ca, Cl/SO<sub>4</sub>, Na/Cl υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού Aquachem. Επίσης η κατασκευή διαγραμμάτων, που αφορούν τις κατανομές των στοιχείων, δημιουργήθηκαν από το λογισμικό Microsoft Excel 2003.

#### **VI. Σύνθεση υδροχημικών διαγραμμάτων και υδροχημικών χαρτών**

Τα αποτελέσματα των υδροχημικών αναλύσεων απεικονίζονται σε διαγράμματα Piper, Durov, Ludwing Langeller, Schoeller & Wilcox με την χρήση του προγράμματος Aquachem και παράλληλα σχεδιάστηκαν χάρτες (υδροχημικοί, τοπογραφικός, γεωλογικός, μικροβιολογικός) με την χρήση των προγραμμάτων GIS & Surfer.

Η μεθοδολογία σχεδίασης των χαρτών με το λογισμικό GIS, αναφέρεται συνοπτικά στα παρακάτω βήματα:

1. Αποκτήθηκαν και αξιοποιήθηκαν πρωτογενή διανυσματικά ψηφιακά δεδομένα (shapefiles):

- Γραμμικά ψηφιακά δεδομένα (polylines): ισουψείς και οδικό δίκτυο, παραχωρήθηκαν από το διδάκτορα κο Ihyane Bouazza του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Δεδομένα επιφανειών σε μορφή πολυγώνων (polygons): γεωλογικοί σχηματισμοί που παραχωρήθηκαν από τον κο Κουκουβίνο-Τοπογράφο μηχανικό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και η υδρολογική λεκάνη της Βάρης από τον διδάκτορα κο Ihyane Bouazza του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Πανεπιστημίου Αθηνών. Επιπλέον, αξιολογήθηκαν τα στοιχεία χρήσεων γης από το Corine land cover 2006.

2. Δημιουργήθηκαν διανυσματικά ψηφιακά δεδομένα:

- Με την διαδικασία της ψηφιοποίησης παρήχθησαν: οι θέσεις δειγματοληψίας των δύο περιόδων (Ιουλίου - Νοεμβρίου), οι θέσεις των τοπωνύμιων της περιοχής μελέτης, ενώ τα τεκτονικά στοιχεία και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής ψηφιοποιήθηκαν με την βοήθεια του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ στο αντίστοιχο φύλλο Κορωπί. Στο λογισμικό Surfer δημιουργήθηκαν οι υδροχημικές καμπύλες των χημικών στοιχείων ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  και  $\text{HCO}_3^-$ ) και των ποιοτικών παραμέτρων (T και E.C.), οι οποίες εξήχθησαν σε μορφή shapefile – polyline και εισήχθησαν στους υδροχημικούς χάρτες. Πιο συγκεκριμένα με τα ψηφιακά αυτά δεδομένα (shape files) δημιουργήθηκαν επίπεδα πληροφορίας (layers) με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS και έγινε σύνθεση χαρτών αναφοράς.

3. Ψηφιοποιήθηκε το όριο της περιοχής έρευνας και με την σύνθεση των παραπάνω δεδομένων παρήχθησαν οι ακόλουθοι θεματικοί χάρτες: Τοπογραφικός, Γεωλογικός, Υδρογεωλογικός, Υδροχημικός, Μικροβιολογικός και Χρήσεων γης.

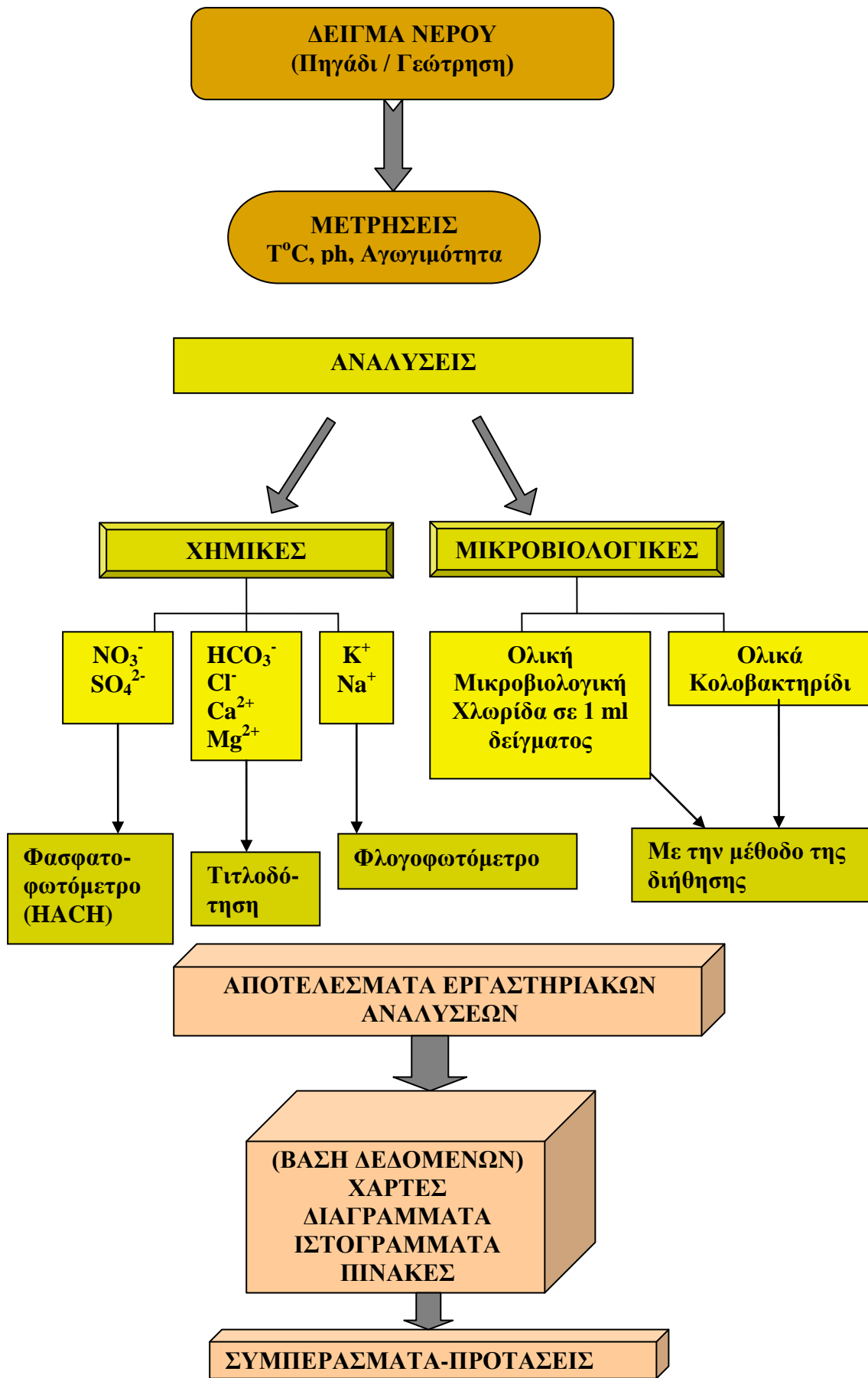
## **VII. Συμπεράσματα-Προτάσεις**



ΕΡΓΑΣΙΕΣ  
ΥΠΑΙΘΡΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΩΝ



Σχήμα 1.1: Μεθοδολογία εκπόνησης μελέτης.

#### 1.4 Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει εκτός από το εισαγωγικό κεφάλαιο 1, ακόμη 8 κεφάλαια και δύο παραρτήματα.

- Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια πληρέστερη περιγραφή της ευρύτερης περιοχής μελέτης.
- Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής ενδιαφέροντος.
- Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής μελέτης.
- Στο Κεφάλαιο 5 παρατίθεται η επεξεργασία των μετεωρολογικών και κλιματολογικών στοιχείων της περιοχής
- Στο Κεφάλαιο 6 αναφέρεται στην ποιότητα των υπόγειων νερών αλλά και στους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται.
- Το Κεφάλαιο 7 περιγράφει την υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης, όπως η υφαλμύρωση της παραλιακής ζώνης, η ποιοτική υποβάθμιση και η χωρική κατανομή των υπόλοιπων χημικών παραμέτρων στην περιοχή.
- Στο Κεφάλαιο 8 γίνεται αναφορά στην κοινοτική οδηγία πλαίσιο, όσον αφορά τα υπόγεια υδάτινα συστήματα.
- Στο Κεφάλαιο 9 διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία και προτάσεις βελτιστοποίησης της υπάρχουσας κατάστασης.
- Στο Παράρτημα I. παρατίθενται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων, η ονοματολογία και οι θέσεις των δειγμάτων στο χάρτη, οι υδροχημικοί χάρτες, που δημιουργήθηκαν για τη περιοχή μελέτης και πίνακες που αφορούν μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής.
- Στο Παράρτημα II. παρατίθεται φωτογραφικό υλικό της περιοχής.

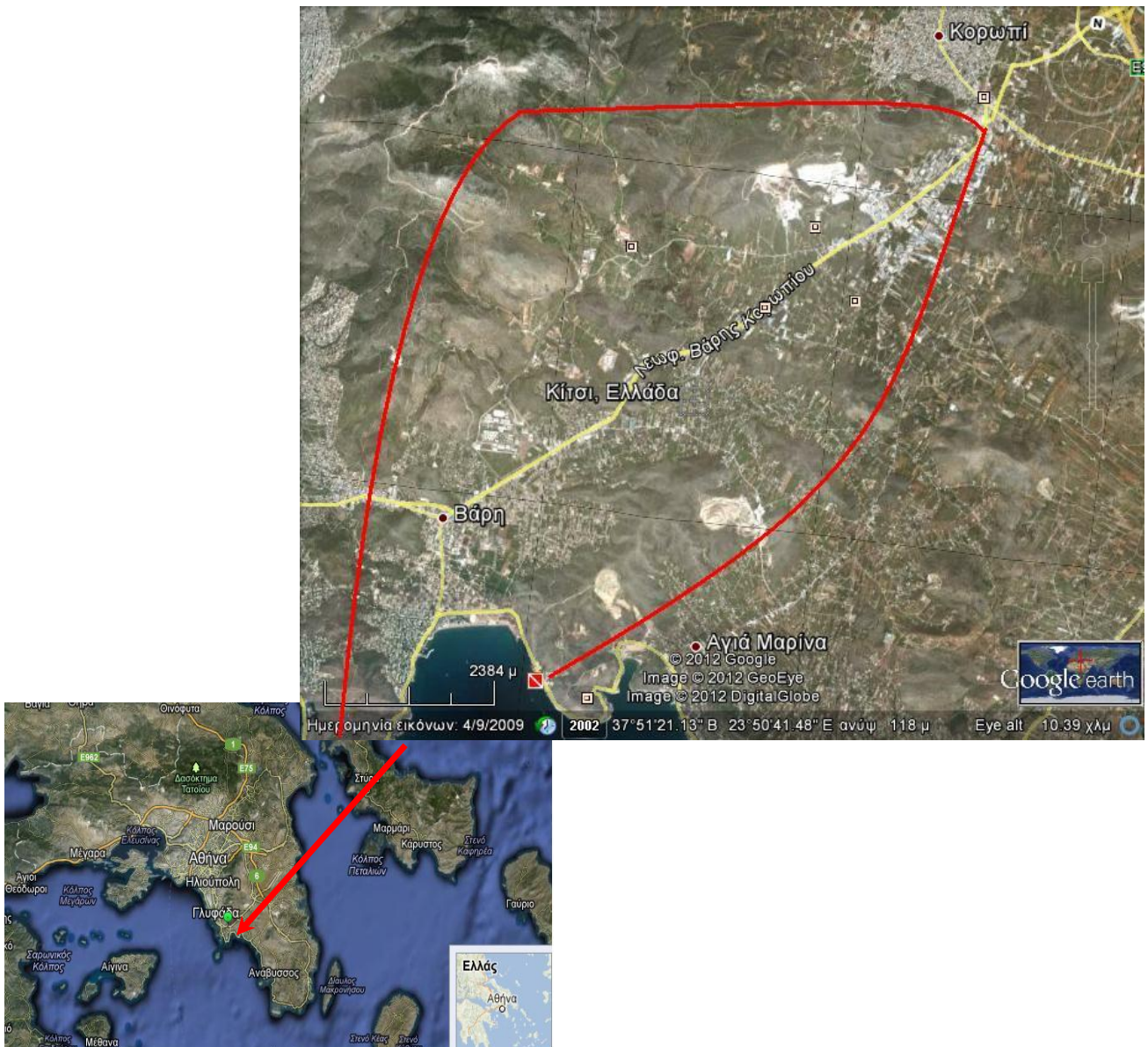
### 2.1 Γεωγραφικά Στοιχεία

Η Βάρη είναι οικισμός της Αττικής, που βρίσκεται 26 km νότια του κέντρου της Αθήνας. Ανήκει στην Νομαρχία της Ανατολικής Αττικής Περιφέρειας Αττικής. Είναι δομημένη στις νότιες απολήξεις του ορεινού όγκου του Υμηττού, κοντά στις ακτές του Σαρωνικού. Νοτιοδυτικά συνορεύει με τον Δήμο Βουλιαγμένης, βορειοδυτικά με τον Δήμο Βούλας, ενώ βόρεια και ανατολικά με τον Δήμο Κρωπίας και συγκεκριμένα με τις εξής περιοχές: Βόρεια με την Σκάρπιζα, και το Κίτσι Κορωπίου, ενώ ανατολικά με την Άνοιξη και την Αγία Μαρίνα Κορωπίου. Νότια βρέχεται από τον όρμο της Βάρκιζας, όπου είναι και η παραθαλάσσια ζώνη της Βάρης. Ο Δήμος της Βάρης έχει έκταση 22.189 στρέμματα (Υπουργείο Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, 2005). Στην αρχαιότητα η περιοχή της Βάρης αντιστοιχούσε στον Αττικό Δήμο Αναγυρούντος. Στην περιοχή της Βάρης εδρεύει η Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων (Σ.Σ.Ε).

Ο ευρύτερος Δήμος της Βάρης απαρτίζεται από τις εξής δώδεκα περιοχές (οικισμοί) κατά σειρά ένταξή τους στο σχέδιο Σχέδιο Πόλεως:

- Βάρη (παλαιά Πόλη)
- Βάρκιζα (παράκτια ζώνη της Βάρης)
- Καμίνι
- Σέο
- Δίλοφο
- Αλώνι
- Μηλαδέζα
- Ασύρματος
- Λαθούριζα
- Τρίγωνο
- Η περιοχή Κόρμπι και Χέρωμα

Η περιοχή μελέτης αναπτύσσεται ΝΑ του όρους Υμηττού. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει την περιοχή της Βάρης – Βάρκιζας, την περιοχή Κίτσι και συνεχίζει καταλήγοντας στη Νότια πλευρά της περιοχής του Κορωπίου, όπως φαίνεται στον χάρτη της εικόνας 2.1.



**Εικόνα 2.1 :** Δορυφορικός Χάρτης της περιοχής μελέτης, από το Google earth.

## **2.2 Ιστορικά Στοιχεία**

Η Βάρη υπήρξε οικισμός του δήμου Κρωπίας μέχρι το 1912, χρονιά στην οποία εντάχθηκε στην νεοσύστατη κοινότητα Κορωπίου, στην οποία παρέμεινε μέχρι το 1929. Το 1929 αποτέλεσε έδρα ξεχωριστής κοινότητας, η οποία περιλάμβανε επίσης τους οικισμούς Βουλιαγμένη και Βούλα. Η Βούλα αποσπάστηκε από την κοινότητα Βάρης το 1934 και αποτέλεσε ξεχωριστή κοινότητα, ενώ η Βουλιαγμένη το 1935. Το 1940 μέσα στα όρια της κοινότητας Βάρης αναγνωρίστηκε ο οικισμός Βάρκιζα. Ο οικισμός Βάρκιζα αποτέλεσε ξεχωριστή κοινότητα για ένα έτος, την περίοδο 1952-53 και στην συνέχεια επανήλθε στην κοινότητα Βάρης. Το 1990 η κοινότητα Βάρης αναγνωρίστηκε σε δήμο, ο οποίος διατηρήθηκε μέχρι το 2010, οπότε καταργήθηκε με την εφαρμογή του προγράμματος Καλλικράτης και εντάχθηκε στον Δήμο Βάρης-Βούλας-Βουλιαγμένης.

## **2.3 Αρχαιολογικά Στοιχεία**

Την έκταση του σημερινού Δήμου Βάρης, κατελάμβανε ο Αρχαίος Δήμος του Αναγυρούντος, της Ερεχθίδος φυλής. Από τα ευρήματα φαίνεται, ότι πρόκειται για έναν από τους μεγαλύτερους σε έκταση και πληθυσμό Δήμους της Αθήνας. Η ένταξη πολλών περιοχών στο σχέδιο όπως ο Ασύρματος, η Λαθούριζα, το Τρίγωνο, το Σέο, το Καμίνι Βάρκιζας, η Μηλαδέζα, με τον έλεγχο της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας στις εκσκαφές θεμελίων και στις αυτοψίες, έφερε στο φως πολλά ευρήματα, τα οποία συνθέτουν την εικόνα του Αρχαίου Δήμου σταδιακά.

Η πυκνότητα των λειψάνων είναι μεγάλη και αποδεικνύουν την έκταση του Δήμου, το χαρακτήρα της κοινωνικής ζωής του και το πληθυσμιακό δυναμικό του. Έχουν βρεθεί λείψανα αρχαίων οικισμών, αγροικίες, δρόμοι, δεξαμενές, πηγάδια, πλήθος τάφων, αναλημματικοί τοίχοι, όροι ιδιοκτησιών, ταφικοί περίβολοι, δημόσιος ανοικτός χώρος, αγωγοί, αρχαία λατομεία κ.α. (Αναγνωστόπουλος Α., 2008/09).

## **2.4 Πληθυσμιακή εξέλιξη**

Σύμφωνα με την απογραφή (2001) της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ), ο πρώην Δήμος Βάρης αριθμεί συνολικά πληθυσμό 10.702 κατοίκων. Όπως παρατηρούμε και από τον παρακάτω πίνακα 2.1, στον οποίο παρουσιάζεται η πληθυσμιακή εξέλιξη, του πρώην Δήμου Βάρης, για τη δεκαετία 1991 – 2001, ο πληθυσμός αυξήθηκε κατά 34,79%.

ΔΗΜΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ				ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ (%)	
	Μόνιμος πληθυσμός		Πραγματικός πληθυσμός		Μόνιμος πληθυσμός	Πραγματικός πληθυσμός
	2001	1991	2001	1991	'91-'01	'91-'01
<b>ΔΗΜΟΣ ΒΑΡΗΣ</b>	<b>10.702</b>	<b>7.940</b>	<b>10.998</b>	<b>8.488</b>	<b>34,79</b>	<b>29,57</b>

**Πίνακας 2.1:** Πληθυσμιακή εξέλιξη της περιοχής Βάρης, Πηγή ΕΣΥΕ, Πληθυσμιακή Απογραφή 1991 – 2001.

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία της ΕΣΥΕ κατά την απογραφή του 2001, σε σύνολο 4.673 οικονομικά ενεργών ατόμων, τα 4.224 είναι απασχολούμενοι, ποσοστό 90,39%. Ο οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός του πρώην Δήμου Βάρης είναι 4.931 άτομα, που αντιστοιχεί στο 46,08% του συνόλου των κατοίκων του πρώην Δήμου.

Η πλειοψηφία του πληθυσμού του πρώην Δήμου Βάρης απασχολείται στον τριτογενή τομέα και πιο συγκεκριμένα 2.883 άτομα, το οποίο αντιστοιχεί σε ποσοστό 68,26%. Το 18,3% των κατοίκων, 773 άτομα, απασχολείται στον δευτερογενή τομέα, ενώ μόλις το 3,88%, που αντιστοιχεί σε 164 άτομα, απασχολείται στον πρωτογενή τομέα. Το υπόλοιπο ποσοστό του 9,56, δεν δήλωσαν κλάδο οικονομικής δραστηριότητας. Το ποσοστό των ανέργων είναι 10,63%, που αντιστοιχεί σε 449 άτομα.

Τα παραπάνω δεδομένα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2 που ακολουθεί.

ΔΗΜΟΣ / ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΟΙΚ. ΕΝΕΡΓΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ					ΑΝΕΡΓΟΙ (%)
		ΣΥΝΟΛΟ	ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ (%) ΑΝΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΤΟΜΕΑ				
			Α' ΓΕΝΗΣ	Β' ΓΕΝΗΣ	Γ' ΓΕΝΗΣ	ΔΕΝ ΔΗΛΩΣΑΝ	
<b>ΔΗΜΟΣ ΒΑΡΗΣ</b>	<b>4.673</b>	<b>4.224</b>	<b>164</b>	<b>773</b>	<b>2.883</b>	<b>404</b>	<b>10.63</b>

**Πίνακας 2.2:** Ποσοστά απασχόλησης, Πηγή ΕΣΥΕ – Απογραφή 2001.

Ο πληθυσμός του Δήμου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης, όσον αφορά την απογραφή του 2001 ανέρχεται σε 42.308 κατοίκους. Με βάση τα πρώτα στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των κατοίκων σε επίπεδο δήμου, περιφερειακής ενότητας και περιφέρειας που παρουσιάστηκαν σε δελτίο τύπου από την Ελληνική Στατιστική Αρχή στις 22 Ιουλίου 2011, ο Δήμος Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης παρουσιάζει τα εξής στοιχεία:

ΔΗΜΟΣ	ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΜΟΝΙΜΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΑΝΑ ΤΕΤΡ. ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΟ
Δήμος Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης	48.380	1.299,66

Επομένως σε σχέση με το 2001 παρατηρείται μια αύξηση του μόνιμου πληθυσμού 14,35% .

## 2.5 Οικονομία - Χρήσεις γης

Σήμερα η Βάρη έχει εξελιχθεί σε μια σύγχρονη πόλη, η κύρια απασχόληση των κατοίκων της είναι τα τουριστικά επαγγέλματα (ατομικές ή οικογενειακές επιχειρήσεις όπως ταβέρνες, εστιατόρια, καφετερίες, φούρνοι, τα mini market κ.ά). Οι εμπορικές και οι τουριστικές επιχειρήσεις είναι δείγμα της ανάπτυξης της ιδιωτικής πρωτοβουλίας για επένδυση και της ανάπτυξης της ατομικής επιχειρηματικότητας. Πολλοί κάτοικοι της Βάρης επειδή είναι ιδιοκτήτες ακινήτων (πρώην αγροτεμαχίων), διέθεσαν το κεφάλαιο τους ή την γη τους για την πραγματοποίησης κάποιας επενδυτικής κίνησης.

Όσον αφορά την ύδρευση, η Δημοτική Κοινότητα Βάρης τροφοδοτείται με νερό από την ΕΥΔΑΠ και υδροδοτείται το 100% των εντός σχεδίου περιοχών αλλά και το 100% των εκτός σχεδίου κτιρίων. Υπάρχουν δύο (2) δίκτυα τα οποία ακόμη διαχειρίζεται ο Δήμος (τα συντηρεί και τιμολογεί την παροχή νερού). Το ένα είναι στις οδούς Φλέμινγκ & Αφροδίτης (Βάρκιζα) και το άλλο στην εκτός σχεδίου περιοχή Μηλαδέζα και Κόρμπι (πρώην δίκτυο Συλλόγου Ανθέων). Επιπλέον υφίστανται άλλα δύο (2) δίκτυα ύδρευσης τα οποία τροφοδοτεί η ΕΥΔΑΠ με τη μεσολάβηση συλλόγων οι οποίοι καταμετρούν, συντηρούν τα δίκτυα και καταβάλλουν την αντίστοιχη δαπάνη στην ΕΥΔΑΠ (Σύλλογος Βενίων και Σύλλογος Κατοίκων οδού Καλάματας).

Το δίκτυο αποχέτευσης δεν καλύπτει πλήρως τις ανάγκες του δήμου. Έτσι αποχετεύεται το 75% των περιοχών Βάρκιζα, Βάρη, Δίλοφο, Ασύρματος, Λαθούριζα, Τρίγωνο, επέκταση Διλόφου, Καμίνι, ΣΕΟ, ενώ το 50% της Μηλαδέζας και το 100% στην περιοχή Κόρμπι δεν εξυπηρετούνται από το δίκτυο αποχέτευσης. Παράλληλα από το δίκτυο αποχέτευσης εξυπηρετείται το 10% των εκτός σχεδίου κτιρίων που διαθέτουν νόμιμη άδεια.

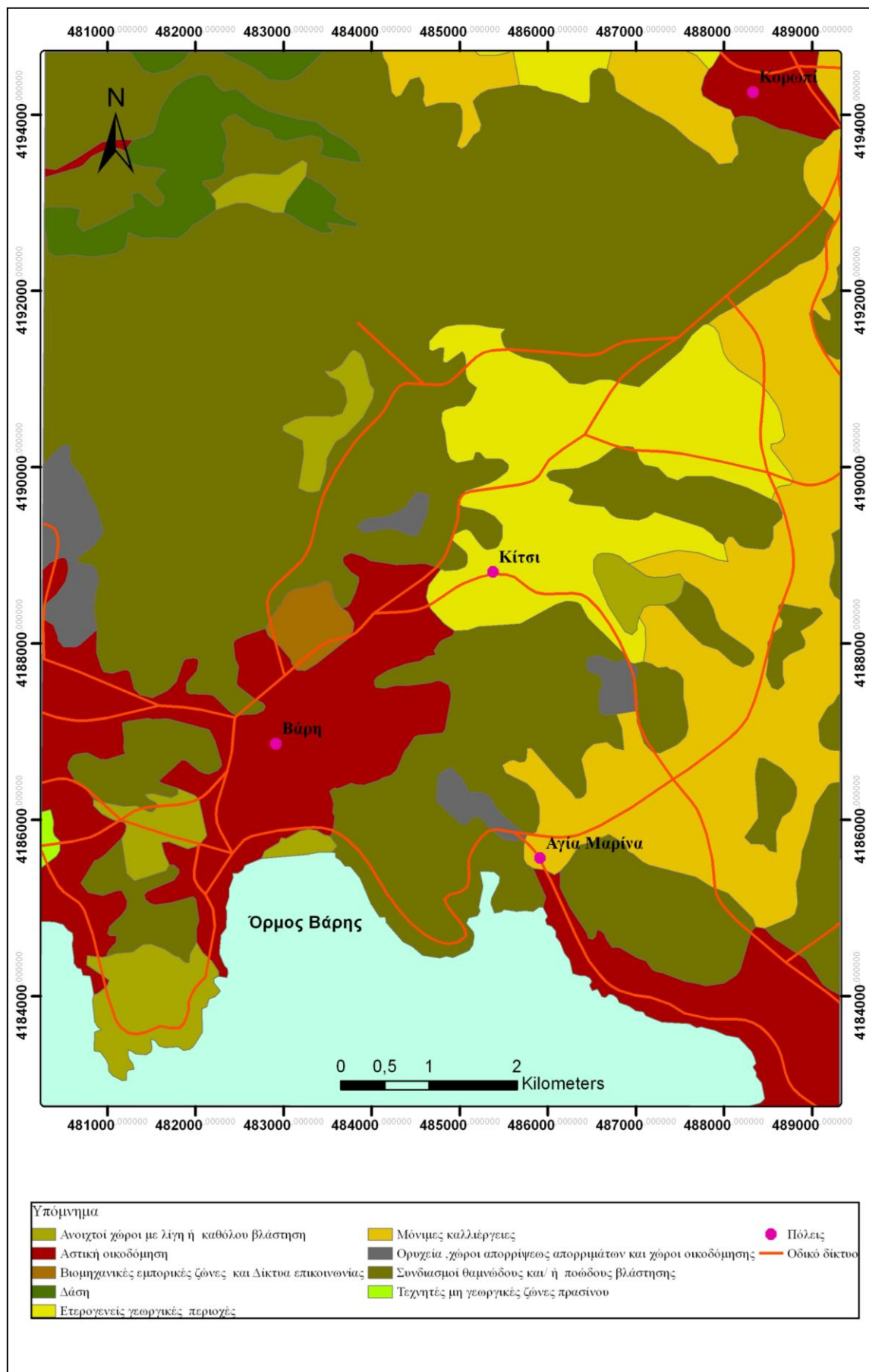
Στο νότιο τμήμα η περιοχή της Βάρης, βρέχεται από τον όρμο της Βάρκιζας. Το καλοκαιρινό θέρετρο της Βάρκιζας αποτελεί εξοχική κατοικία για πολλούς, αρχικά επισκέπτες που στην συνέχεια έγιναν μόνιμοι κάτοικοι (Αναγνωστόπουλος Α., 2008/09.). Η πλαζ στη Βάρκιζα

καταλαμβάνει έκταση 125 στρεμμάτων. Επίσης στην περιοχή της Βάρης λειτουργεί το «Παιδικό Χωριό SOS» το οποίο καταλαμβάνει έκταση 23 στρεμμάτων και λειτουργεί στην περιοχή από το 1982.

Μεγάλα ιδιωτικά σχολεία έχουν εγκατασταθεί στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου, όπως τα «Εκπαιδευτήρια Γείτονα» με Νηπιαγωγείο, Δημοτικό, Γυμνάσιο, Γενικό Λύκειο, τα «Εκπαιδευτήρια Καίσαρη» με Νηπιαγωγείο, Δημοτικό, Γυμνάσιο, Γενικό Λύκειο και το «Εκπαιδευτήριο πρότυπο Αθηνών» με Γυμνάσιο, Λύκειο. Επίσης υπάρχει τάση μεταφοράς και άλλων ιδιωτικών σχολείων, κατασκευάζεται νέο Νοσοκομείο, λειτουργεί ήδη το νέο ιδιωτικό ΚΤΕΟ της «AUTOVISION CONTROLE TECHNIQUE AUTOMOBILE» (Αναγνωστόπουλος Α., 2008/09).

Στην συνέχεια, απεικονίζεται στην εικόνα 2.2, ο χάρτης χρήσεων γης της περιοχής μελέτης. Ενώ στο πίνακα 2.3 παρουσιάζεται η κατανομή της έκτασης της περιοχής μελέτης, στις βασικές κατηγορίες βιοφυσικής κάλυψης γης, σύμφωνα με το Corine Land Cover 2006.





**Εικόνα 2.2 :** Χάρτης χρήσεων γης της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με το με το Corine Land Cover 2006.

**Πίνακας 2.3:** Η κατανομή της έκτασης της περιοχής μελέτης, στις βασικές κατηγορίες βιοφυσικής κάλυψης της γης, σύμφωνα με το corine land cover 2006.

Περιοχές	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση (km <sup>2</sup> ) %
Μόνιμες καλλιέργειες	13,12	13,84
Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	8,32	8,77
Αστική οικοδόμηση	13,48	14,21
Συνδυασμοί θαμνώδους και /ή ποώδους βλάστηση	50,79	53,56
Δάση	2,79	2,94
Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3,77	3,98
Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1,83	1,93
Βιομηχανικές εμπορικές ζώνες και Δίκτυα επικοινωνιών	0,64	0,67
Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου	0,09	0,09
<b>Σύνολο</b>	<b>94,83</b>	<b>100,00</b>

Στην συνέχεια στο σχήμα 2.1 διακρίνεται η ποσοστιαία κατανομή των βασικών κατηγοριών, της βιοφυσικής κάλυψης της γης, της περιοχής μελέτης. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής :

- Το μεγαλύτερο ποσοστό με 53,56 % το καταλαμβάνει η θαμνώδης / ποώδης βλάστηση.
- Στην συνέχεια ακολουθεί με ποσοστό 14,21 % η αστική οικοδόμηση της περιοχής.
- Ακολούθως, με ποσοστό 13,84 % η μόνιμη καλλιέργεια ενώ με 8,77 % οι ετερογενείς μόνιμες γεωργικές περιοχές.
- Χαμηλά ποσοστά παρατηρούνται στα δάση (2,94%) και στους ανοιχτούς χώρους με λίγη ή καθόλου βλάστηση (3,98%).
- Τέλος, οι Βιομηχανικές εμπορικές ζώνες-Δίκτυα επικοινωνιών και οι Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου, παρουσιάζουν τα μικρότερα ποσοστά της έκτασης, με 0,67 % και 0,09 % αντίστοιχα.



**Σχήμα 2.1:** Ποσοστιαία κατανομή των βασικών κατηγοριών, της βιοφυσικής κάλυψης της γης, της περιοχής μελέτης.

### 3.1 Γενικά

Ο Ελλαδικός χώρος αποτελεί τμήμα των εκτεταμένων Αλπικών οροσειρών, οι οποίες σχηματίστηκαν από την πτύχωση των σχηματισμών, που αποτέθηκαν στο χώρο του αλπικού γεωσυγκλίνου κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού και του Παλαιογενούς αιώνα. Μετά την πτύχωση και την ανύψωση των αλπικών ιζημάτων, που είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των Ελληνίδων οροσειρών, αποτέθηκαν ασύμφωνα πάνω στους προηγούμενους αλπικούς σχηματικούς, τα μεταλπικά ιζήματα, τα οποία διακρίνονται περαιτέρω σε μολασικά και νεογενή – τεταρτογενή. Τα Τριαδικής – Κάτω Μειοκαινικής ηλικίας αλπικά ιζήματα, που απαντώνται στον Ελληνικό χώρο διαχωρίζονται σε επιμέρους γεωτεκτονικές ζώνες, σύμφωνα με κοινά λιθολογικά, παλαιογεωγραφικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά, τα οποία διαμορφώθηκαν κατά την διάρκεια του Αλπικού ιζηματο-ορογενετικού κύκλου (Κατσικάτσος Γ., 1992).

Οι γεωτεκτονικές ζώνες διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τις εξωτερικές ζώνες, που περιλαμβάνουν στην ηπειρωτική Ελλάδα το τμήμα από δυτικά μέχρι και την οροσειρά της Πίνδου καθώς και την Πελοπόννησο, Κρήτη, Κυκλάδες και Δωδεκάνησα και τις εσωτερικές, που περιλαμβάνουν το υπόλοιπο τμήμα.

Η ευρύτερη περιοχή της Ν. Αττικής ανήκει στις εξωτερικές γεωτεκτονικές ενότητες και συγκεκριμένα στο Αττικοκυκλαδικό σύμπλεγμα ή Αττικοκυκλαδική κρυσταλλοσχιστώδη μάζα (παλαιότερη ονομασία) (Κατσικάτσος Γ., 1992).

Ο πρώτος, ο οποίος μελέτησε συστηματικά την γεωλογία της Αττικής ήταν ο Lepsius (1893), ο οποίος συγκρότησε και τον πρώτο γεωλογικό χάρτη της περιοχής, κλίμακας 1: 25.000. Πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με την Αττική και διατύπωσαν πολλές απόψεις σχετικά με την στρωματογραφική και τεκτονική διάταξη των γεωλογικών σχηματισμών της Αττικής, όπως οι N. Freyberg, Kober, Κατσικάτσος, Λέκκας, Μαρίνος, Μαριολάκος, Niedermeyer, Sindowski, Τρικκαλινός, Παρασκευόπουλος, Petrascheck, Χαραλαμπίδης κ.ά. (Γεωργαλάς Λ., 1996).

Οι Aubouin , Brunn, Dercourt, Mercier κ.ά., έχουν υποστηρίξει κατά καιρούς, ότι η περιοχή της Αττικής ανήκει στην κρυσταλλοσχιστώδη Αττικοκυκλαδική μάζα, που αποτελεί μέρος της Πελαγονικής ζώνης.

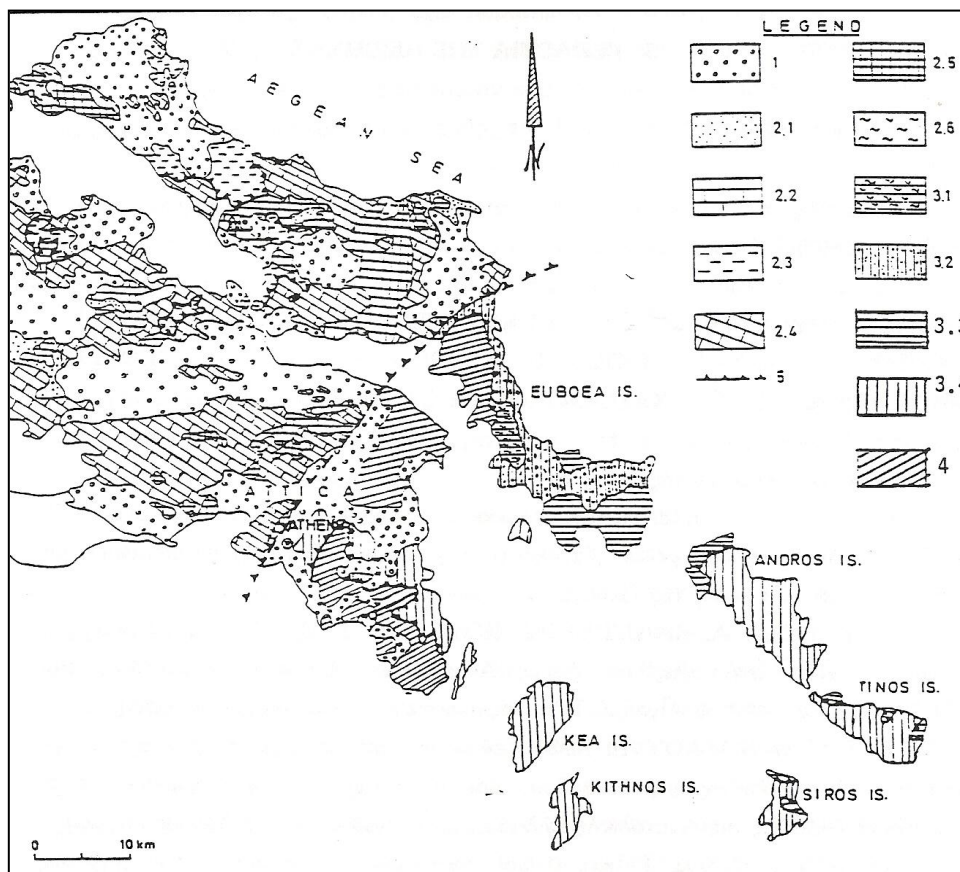
Ο Παπανικολάου Δ., 1986, εντάσσει την περιοχή στην ενότητα της 'Αττικής', που είναι σχετικά αυτόχθονη και πάνω της βρίσκονται επωθημένες οι τεκτονικές ενότητες της Ανατολικής Ελλάδας, του Λαυρίου και Αλμυροποτάμου.

Οι Κατσικάκος Γ., κ.ά. 1986 εντάσσουν την περιοχή στην ενότητα Αλμυροποτάμου – Αττικής. Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα της Νότιας Εύβοιας , της σειράς Βορειοανατολικής Αττικής και της σειράς Υμηττού – Νότιας Αττικής (Γεωργαλάς Λ., 1996).

Η λιθοστρωματογραφική διάρθρωση της Ν. Αττικής (Εικόνα 3.1), καθιερώθηκε λίγο πολύ όπως την καθόρισε ο Lepsius, οι διαφοροποιήσεις στους μετέπειτα επιστήμονες περιορίστηκαν στην παλαιογεωγραφική εξάπλωση και τεκτονική εξέλιξη των σχηματισμών αυτών.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί, που δομούν τη Ν. Αττική είναι μεταμορφωμένοι ή ημιμεταμορφωμένοι και αποτελούνται από ένα κατώτερο σχετικά αυτόχθονο σύστημα από μάρμαρα και σχιστολίθους μεσοζωικής ηλικίας, που έχει χαρακτηριστεί ως σειρά Υμηττού – Νότιας Αττικής (Κατσικάτσος Γ., 1992). Πάνω στο αυτόχθονο σύστημα επικάθονται τεκτονικά οι σχηματισμοί του αλλόχθονου φυλλιτικού καλύμματος οι οποίοι είναι φυλλίτες, ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, πρασινίτες και σερπεντινίτες. Το φυλλιτικό κάλυμμα, ανήκει γεωκτονικά, στο Νεοελληνικό τεκτονικό κάλυμμα.

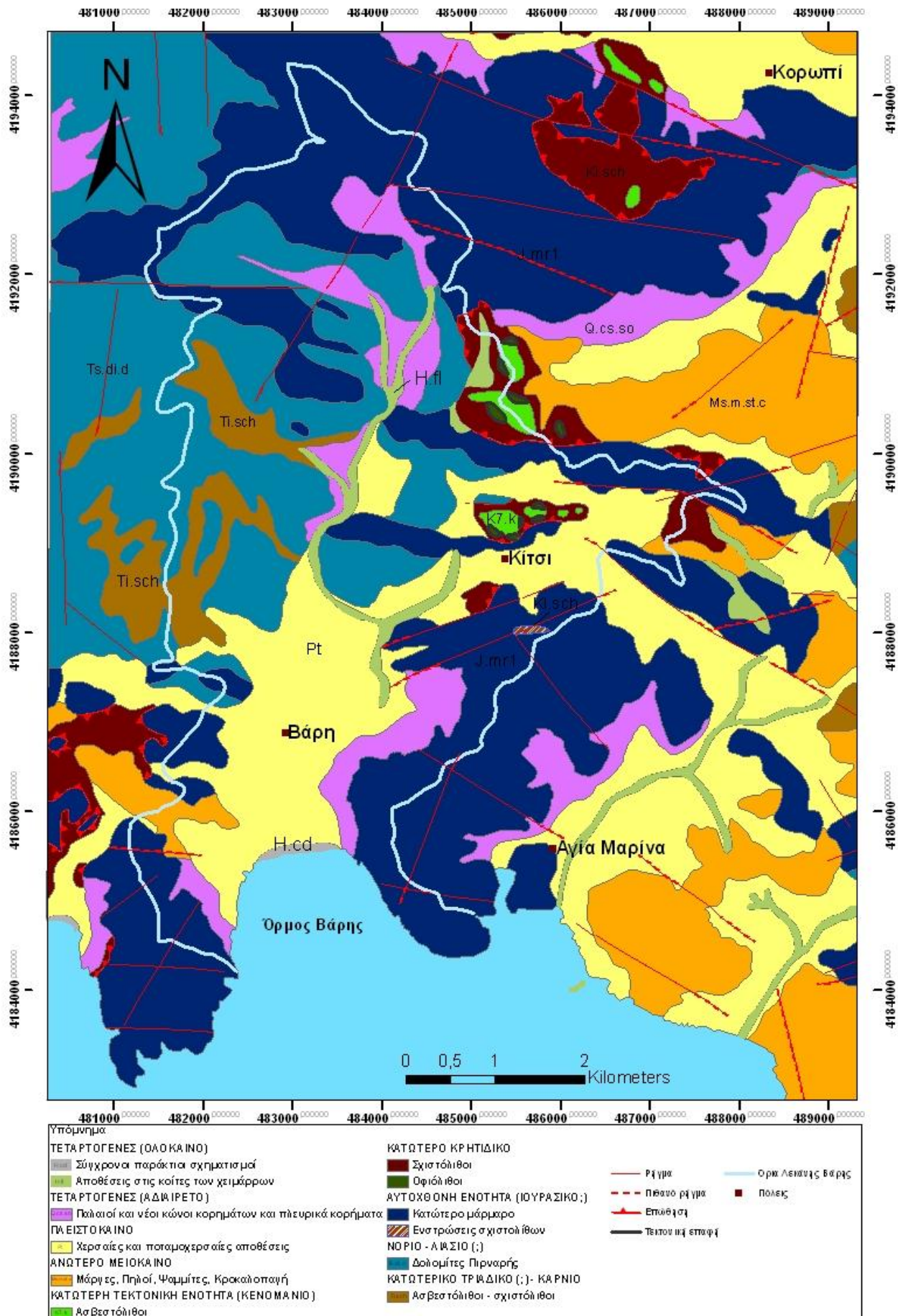
Επίσης, στην περιοχή της Ν. Αττικής απαντώνται και εκρηξιγενή πετρώματα. Πρόκειται για βασικά έως υπερβασικά πετρώματα, τα οποία έχουν μεταμορφωθεί σε πρασινίτες και αποτελούν τμήμα του φυλλιτικού καλύμματος, καθώς και όξινα πετρώματα (γρανодиορίτης).



**Εικόνα 3.1 :** Γεωλογικός χάρτης Αττικής Εύβοιας και των Βόρειων Κυκλάδων (Κατσικάτσος Γ., 1977). 1: Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμοί, 2: Σχηματισμοί της Πελαγονικής (2.1: Φλύσχης, 2.2: Ασβεστόλιθοι του Αν. Κρητιδικού, 2.3: Σχηματισμοί Ηωελληνικού καλύμματος, 2.4: Ασβεστόλιθοι και δολομίτες Μέσου -Αν. Τριαδικού – Αν.Ιουρασικού , 2.5: Σχηματισμοί του Νεοπαλαιοζωικού – Μ. Τριαδικού, 2.6: Κρυσταλλικό υπόβαθρο), 3: Νεοελληνικό τεκτονικό κάλυμμα (3.1: Σχιστόλιθοι Τσακαίων, 3.2: Μάρμαρα – Σιπολίνες Στύρων, 3.3 : Σχηματισμοί Όχρης, 3.4: Ενοποιημένοι σχηματισμοί του Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος), 4: Αυτόχθονη ενότητα Αλμυροποτάμου – Αττικής & 5: Γραμμή επόθησης.

### 3.2 Λιθοστρωματογραφική διάρθρωση της περιοχής έρευνας

Για την εικόνα, της γεωλογική δομή, της περιοχής μελέτης παρατίθεται ο γεωλογικός χάρτης (χάρτης 3.1) (με την ονομασία των σχηματισμών, έτσι όπως έχει καθοριστεί από τον Lepsius, ο οποίος είχε ασχοληθεί από το 1891 ως 1893 με την αυτόχθονη ενότητα (ενότητα Αττικής). Το αυτόχθονο σύστημα είναι έντονα παραμορφωμένο και μεταμορφωμένο με αρχικές δομές ΒΑ – Ν και νεότερες Β– ΝΑ. Στο τέλος του κεφαλαίου, παρατίθεται ο γεωλογικός χάρτης με τις θέσεις λήψεων των φωτογραφιών, των σχηματισμών της περιοχής μελέτης.



**Χάρτης 3.1:** Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας (Πηγή ψηφιοποίησης από γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1/500.000- Κουκουβίνος-Τοπογράφος μηχανικός).

Η λιθοστρωματογραφική διάρθρωση των σχηματισμών που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Βάρης - Βάρκιζας από τους παλαιότερους προς τους νεότερους, είναι η ακόλουθη :

### 3.2.1 Αυτόχθονο σύστημα

**I. Ασβεστόλιθοι – σχιστόλιθοι (ή σχιστόλιθοι Βάρης):** πολύχρωμοι, πλακώδεις ανακρυσταλλωμένοι, αποτελούνται από χαλαζία, ασβεσίτη, μοσχοβίτη, σερικήτη, χλωρίτη, επίδοτο, πράσινο αμφίβολο, ορθόκλαστο, αλβίτη, μικροκλινή, ρουτίλιο και εμφανίζονται σε εναλλαγές λεπτοπλακωδών στρωμάτων, είναι ισχυρά διερρηγμένοι, ενώ περιλαμβάνουν και δολομιτικές τράπεζες με χρώμα λευκό, ανοικτότεφρο ή σκουρότεφρο. (Έλληνας Α., 2005) Η ηλικία τους είναι Κάτω Τριαδική (Κάρνιο), ενώ το ορατό τους πάχος φτάνει τα 250m.

Οι ασβεστόλιθοι – σχιστόλιθοι είναι μικρής επιφανειακής έκτασης και εμφανίζονται στις ανατολικές απολήξεις του Υμηττού και στην ΒΔ περιοχή της Βάρης (Χάρτης 3.1).

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι γεωτρήσεις στις ανατολικές κλιτύες των νότιων απολήξεων του Υμηττού, δείχνουν ότι οι σχιστόλιθοι βρίσκονται πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και επομένως δρουν ως υπόγειος υδροκρίτης, κάτω από τον μορφολογικό άξονα των νοτίων προβούνων του Υμηττού, που σχεδόν ταυτίζεται με τον αντικλινικό άξονα του Υμηττού. Δεν είναι με βεβαιότητα γνωστή η περιοχή, όπου η επαφή υποκείμενων σχιστολίθων Βάρης και υπερκείμενων δολομιτών βρίσκεται σε θετικό απόλυτο υψόμετρο (Λέκκας Σ., 1993).

**II. Δολομίτες Πιρναρής:** είναι υπόλευκοι έως τεφρόλευκοι, κιτρινωποί έως ερυθρωποί, τεφρόμαυροι, μέσο-αδρόκοκκοι, ανακρυσταλλωμένοι, μέσο-παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι. Στην βάση τους γίνονται λεπτοστρωματώδεις και κλαστικοί, εναλασσόμενοι με μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους.

Η ηλικία τους είναι Άνω Τριαδική – Κάτω Ιουρασική (Νόριο - Λιάσιο) σύμφωνα με τα απολιθώματα *Megalodon*, *Theocosmillia*, *Calamophyllia*, *Gyroporella vesiculifera*, *Lithodendro*, *gastropods*, *Ostracods*, *aigee*(γεωλογικός χάρτης – φύλλο Κορωπί). Η εμφάνιση τους καλύπτει σημαντική έκταση στο ΒΔ κομμάτι της περιοχής μελέτης (Χάρτης 3.1).

**III. Το Κατώτερο Μάρμαρο:** αποτελεί, σύμφωνα με τον Lepsius, εξέλιξη των δολομιτών της Πιρναρής και αποτελεί την κυρίως μάζα του μεταμορφωμένου υποστρώματος σε Υμηττό, Πεντέλη,



Λαυρεωτική. Πρόκειται για καθαρό ασβεστόλιθο, με ελάχιστο μοσχοβίτη και χλωρίτη, κανονική στρώση σε τράπεζες, λευκό, κατά θέσεις ροδόχρωμο και κυανότεφο.

Είναι κατακερματισμένο από μεγάλο αριθμό διακλάσεων, με αποτέλεσμα κατά θέσεις το μάρμαρο να δίνει την εντύπωση του μικρολατυποπαγούς. Οι ρωγμές είναι ανοικτές και συχνά είναι πληρωμένες με  $\text{CaCO}_3$ . Ο σχηματισμός είναι καρστικοποιημένος, χαρακτηριστικές είναι οι εμφανίσεις καρστικών αγωγών πληρωμένων με αργιλικά ορυκτά ή και κρυστάλλων  $\text{CaCO}_3$ . Το πάχος είναι περίπου 400 m.

Ο σχηματισμός του κατώτερου μαρμάρου λόγω της ανθεκτικότητας του και της αντίστασής του στην διάβρωση καταλαμβάνει τους ορεινούς όγκους της λεκάνης της Βάρης: Ξερόχαβος, Σπηλιά Καμπέρη, Σταυραετός, Μαυροβούνι, Πουρνάρι, Μακρυνά Πεύκα και Μπαράκο.

Από το κατώτερο μάρμαρο είναι κτισμένοι οι αρχαίοι ναοί και μνημεία των αρχαίων Ελλήνων. Η ισχυρή διάρρηξη είναι κάθετη στην στρωσιγενή επιφάνεια και παράλληλη προς την διεύθυνση των στρωμάτων. Η μυλονιτίωση είναι συχνή, ενώ υπάρχουν και καρστικές καταβόθρες. Η χημική εξαλλοίωση έχει δώσει ερυθρά γη. Από αποσάθρωση τα τεμάχια δίνουν τα λατυπομάρμαρα (μαρμάρينو λατυποπαγές κατά Lepsius). Το κατώτερο μάρμαρο απαντά στο ανατολικό Μαρκόπουλο και στον λόφο Κόρδα του Κορωπίου, όπου το μάρμαρο εκεί είναι λιγότερο κρυσταλλικό του Πεντελικού με χρώμα κίτρινο, υπέρυθρο και λατυποπαγοειδές στα ανώτερα τμήματα. Υπόκειται των σχιστολίθων και έχει πάχος εκατοντάδων μέτρων ή παρεμβάλλεται ανάμεσά τους (Ελληνας Α., 2005).

Εντός του κατώτερου μαρμάρου συναντάμε ως διαστρώσεις ασβεστομιγείς σχιστόλιθους και ασβεστόλιθους μαζί με δολομιτικούς σχιστόλιθους (Πιρναρική βαθμίδα κατά Lepsius). Οι τελευταίοι παρουσιάζουν μεγαλύτερη έκταση στο νότιο ήμισυ του Υμηττού, Βόρεια του Κορωπίου στο Τηγάνι, στο μέσο του Πανείου, στις δυτικές κλιτύες του όρους Σκόρδι και στην Μερέντα και είναι λεπτοπλακώδεις με χαλαζία, ασβεστίτη, δολομίτη, χλωρίτη, ορθόκλαστο, αλβίτη. Είναι μελανό κατά θέσεις, λόγω ασφαλτούχου ουσίας, που αναδύει οσμή κατά την κρούση του πετρώματος. Το κατώτερο μάρμαρο είναι έντονα καρστικοποιημένο με δολίνες και σπήλαια. Οι γεωτρήσεις στο κατώτερο μάρμαρο και τους δολομίτες Πιρναρής συναντούν καρστικούς αγωγούς στα 20 – 30 μ. κάτω από την στάθμη της θάλασσας και σε μερικές θέσεις (π.χ. Καρελάς) στα 130 μέτρα (Λέκκας Σ., 1993). Σε μεγάλη έκταση οι ανθρακικές μάζες είναι πλαισιωμένες, είτε τεκτονικά από Αθηναϊκούς σχιστόλιθους, είτε στρωματογραφικά από νεογενή και αυτό συντελεί

στην δημιουργία απομονωμένων μαζών (π.χ. ορεινή μάζα Μερέντα στο Μαρκόπουλο) (Ελληνας Α., 2005).

### 3.2.2 Κατώτερη Τεκτονική Ενότητα (Επωθημένο Κάλυμμα)

**I. Οφιόλιθοι:** Ακανόνιστα και συνήθως έντονα τεκτονισμένα σώματα βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων, κυρίως σερπεντινιτών, στη βάση των ασβεστόλιθων και μέσα σε τεκτονισμένους σχιστόλιθους.

Στην περιοχή μελέτης, η εμφάνιση τους είναι περιορισμένη και συγκεκριμένα εμφανίζονται στην περιοχή Κίτσι, όπως φαίνεται στον γεωλογικό χάρτη (Χάρτης 3.1).

**II. Φυλλιτικό κάλυμμα:** Αποτελείται από πρασινωπούς, τεφρόμαυρους, μαρμαρυφιακούς χλωριτικούς σχιστόλιθους και φυλλίτες που περιέχουν διαστρώσεις από χαλαζίτες και μικρά σώματα από πρασινίτες. Σε ορισμένες θέσεις έχει βρεθεί και η ύπαρξη γλαυκοφανούς (Γεωργαλάς Α., 1996). Σε μερικές περιοχές της Αττικής, τα ανώτερα μέλη του καλύμματος συνοδεύονται από Άνω – Κρητιδικούς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους με διαστρώσεις πυριτολίθων, οι οποίοι πιθανότατα να αποτελούν την προς τα επάνω μετάβαση αυτών των σχηματισμών (Katsikatsos et al., 1986). Η έκταση του εμφανίζεται διασκορπισμένη σε όλη σχεδόν την έκταση της περιοχής μελέτης και συγκεκριμένα ΒΑ στην περιοχή Κορωπί, κεντρικά στην περιοχή Κίτσι και ΝΔ στην περιοχή της Βάρης (Χάρτης 3.1).

### 3.2.3 Τριτογενής Ενότητα

#### Ανώτερο Τριτογενές (Νεογενείς σχηματισμοί)

Από το Τριτογενές εμφανίζεται μόνο το Νεογενές με στρώματα κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, μαργών και ασβεστολίθων με πάχος μερικές δεκάδες μέτρα. Βρίσκεται ασύμφωνα επάνω στα κύρια στρώματα της Λαυρεωτικής, κυρίως επάνω στο φυλλιτικό κάλυμμα ή το κατώτερο μάρμαρο. Τα Νεογενή χαρακτηρίζονται από κανονικά ρήγματα ΒΔ διεύθυνσης, καθώς και από συνιζηματογενείς παραμορφώσεις, όπως είναι τα ρήγματα και οι ολισθήσεις.

### 3.2.4 Τεταρτογενές

#### Νεότερες και παλαιότερες Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καλύπτουν σημαντική έκταση της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Βάρης. Βρίσκονται ασύμφωνα επάνω σε κάθε αρχαιότερο σχηματισμό και περιλαμβάνουν παλαιότερες και νεότερες αποθέσεις, σύμφωνα με τους Μαρίνο και Petrascheck. Έτσι παρατηρούνται:

α) Ολοκαινικές αποθέσεις οι οποίες διακρίνονται ως εξής:

**I. Σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί :** Άμμοι ακτών & μικρές θίνες

**II. Χειμαρρώδεις αποθέσεις** που πρόκειται για σχετικά πρόσφατους αλλουβιακούς σχηματισμούς που καλύπτουν τις περιοχές της ευρύτερης κοίτης των χειμάρρων και

**III. Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων**, τα οποία παρατηρούνται στις κλιτείς των ορεινών όγκων και συνίστανται από αργιλο-ιλυώδη έως αμμώδη χαλαρά υλικά.

β) Πλειστοκαινικές αποθέσεις που διακρίνονται σε:

**Καστανόχρωμες χερσαίες ποταμοχερσαίες αποθέσεις**, που συνίστανται από συνεκτικούς αργιλοπηλούς ποικίλης ορυκτολογικής σύστασης, με διάσπαρτες κροκάλες και λατύπες, προερχόμενες από την αποσάθρωση των νεογενών σχηματισμών και συνεκτικά κροκαλοπαγή από αλπικά πετρώματα. Το πάχος τους κυμαίνεται από 20-25 m. Οι Μαρίνος - Petrascheck θεωρούν το αυτόχθονο μεταμορφωμένο σύστημα, σαν ένα σύστημα με επάλληλα και σε συμφωνία μάρμαρα με σχιστολίθους, που κατά περιοχές επικρατεί το ένα ή το άλλο μέλος του συστήματος. Η μετάβαση συνήθως είναι βαθμιαία. Έτσι συναντώνται παχύτερα ή λεπτότερα στρώματα από σχιστολίθους ή σιπολίνες μέσα στα μάρμαρα ή στρώματα μαρμάρων μέσα στους σχιστόλιθους. Επίσης οι δομίτες δεν χαρακτηρίζουν κάποιο συγκεκριμένο ορίζοντα, διότι αυτοί, όπως και τα δολομιτικά μάρμαρα, βρίσκονται σε όλες τις βαθμίδες των μαρμάρων και των σχιστολίθων. Επίσης, χαρακτηρίζουν, τους Δολομίτες της Πιρναρής και τους Σχιστόλιθους της Βάρης, σαν « δολομιτικές και σχιστολιθικές διαστρώσεις κάθε ομάδας εντός του κατώτερου μαρμάρου » . Παράλληλα και άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι, δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ Ανώτερου και Κατώτερου μαρμάρου. Με άλλα λόγια πρόκειται για τον ίδιο σχηματισμό, στον οποίο παρεμβάλλονται κατά θέσεις σχιστολιθικοί ορίζοντες διαφόρου πάχους (Γεωργαλάς Λ, 1996).

Οι Κατσικάτσος κ.ά. αναφέρουν ότι, το αυτόχθονο σύστημα των μεταμορφωμένων σχηματισμών παρουσιάζεται σαν μια μάζα, που αποτελείται από σχιστολίθους και γνευσιοσχιστολίθους με ορίζοντες και παρεμβολές από μάρμαρα και κρυσταλλικούς δολομίτες με μεγάλο πάχος. Πάνω

στην μάζα αυτή, είναι επωθημένοι οι σχηματισμοί του Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος (Γεωργαλάς Λ., 1996).

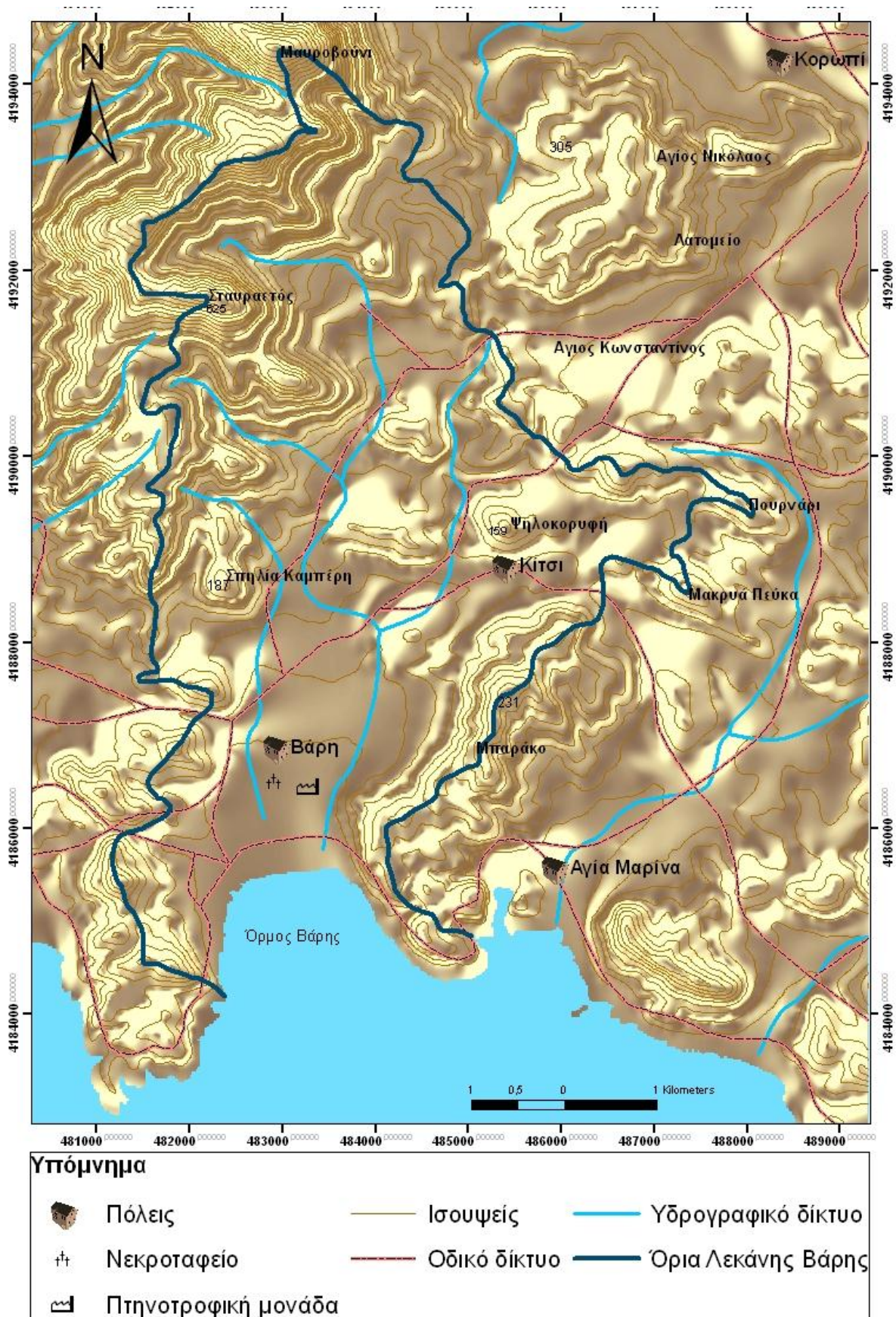
Στην Αττική και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας, κάτω από τα Πικερμικά στρώματα ακολουθούν λιμναίοι Μειοκαινικοί σχηματισμοί. Επίσης, η άποψη της Μειοκαινικής ηλικίας των λεπτοστρωματωδών αργιλοϊλυωδών αποθέσεων, ενισχύεται περαιτέρω από τα αποτελέσματα γεωλογικής έρευνας (Κουμαντάκης Ι. και Σωτηρόπουλος Β., 1976).

### **3.3 Μορφολογία**

#### **3.3.1 Γενικά**

Η περιοχή της Βάρης, βρίσκεται ανατολικά από τις νότιες υπώρειες του Υμηττού, πολύ κοντά στις ακτές του Σαρωνικού. Η έκταση της είναι 22.184 km<sup>2</sup>. Μεταξύ των ακτών και του οικισμού περιβάλλεται ο οικισμός της Βάρκιζας. Το μήκος της ακτογραμμής της παραλίας Βάρκιζας είναι περίπου 900 m (Καρούμπαλη κ.α., 2002). Το ανάγλυφο της παραλίας της Βάρκιζας είναι ομαλό στο ανατολικό και στο κεντρικό τμήμα. Το δυτικό άκρο, βρίσκεται στα πρηνή λόφου και το υψόμετρό του κυμαίνεται από μηδέν έως είκοσι μέτρα, από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η λεκάνη της Βάρης μπορεί να διακριθεί σε δύο τμήματα, ένα ορεινό με μεγάλες κλίσεις και μέγιστο υψόμετρο 760 m (Όρος Μαυροβούνιο) και ένα πεδινό, που καλύπτει και την μεγαλύτερη έκτασή της (τοπογραφικός χάρτης περιοχής, χάρτης 3.2).



**Χάρτης 3.2:** Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Πηγή ψηφιοποίησης των ισοψών σε ισοδιάσταση 20 m από Ihyane Bouazza, Διδάκτορας Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Πανεπιστημίου Αθηνών, 2009).

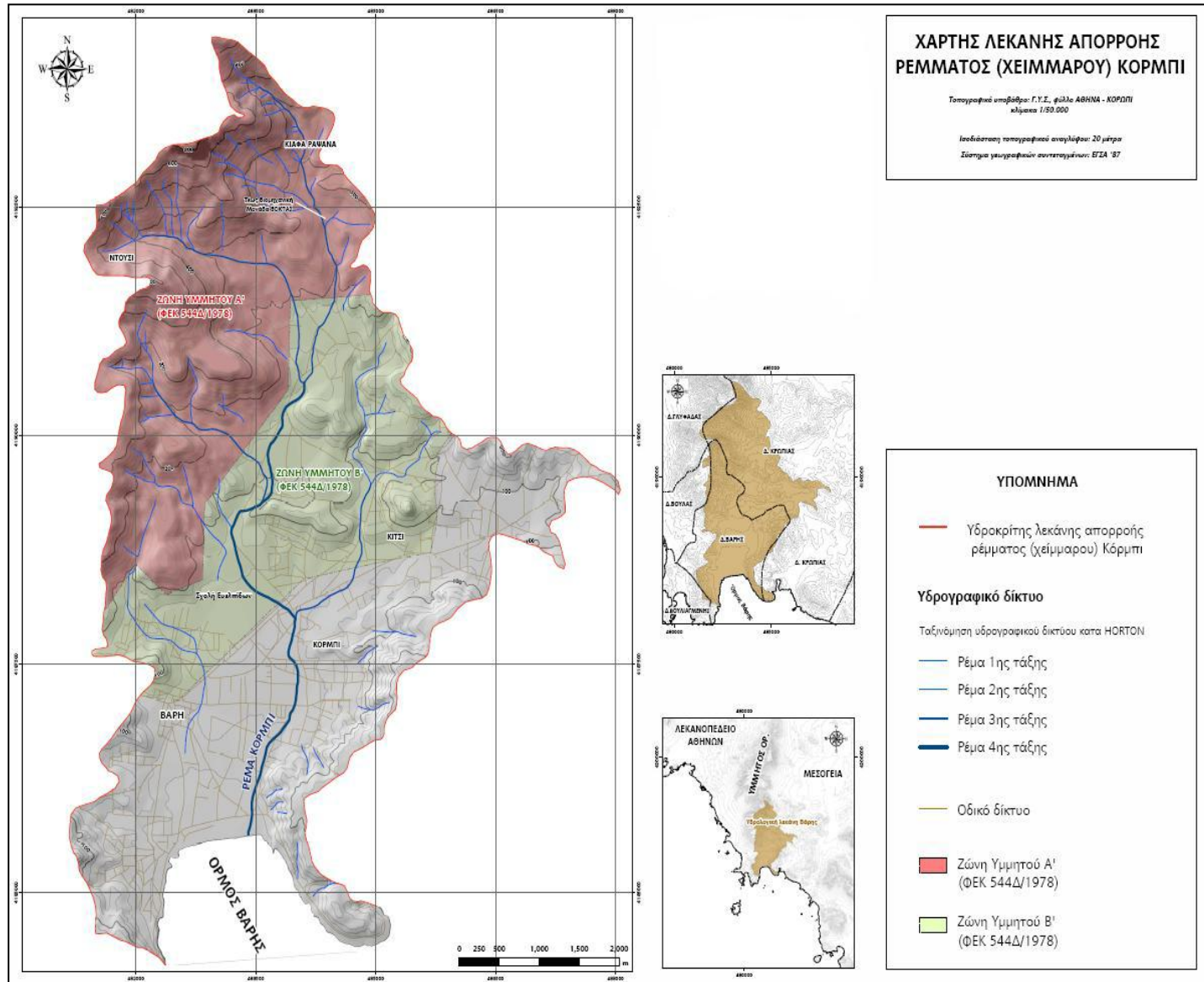
### 3.3.2 Υδρογραφικό δίκτυο

Η λεκάνη της Βάρης μπορεί να διακριθεί σε δύο τμήματα, ένα ορεινό και ένα πεδινό, που καλύπτει και την μεγαλύτερη έκτασή της. Το ορεινό τμήμα χαρακτηρίζεται από μεγάλες κλίσεις και από γεωλογικής άποψης συνίσταται από μάρμαρα και δολομίτες. Το πεδινό τμήμα συνίσταται από Τεταρτογενείς αποθέσεις (Παυλόπουλος Π.,1992).

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις, καλύπτουν μεγάλη έκταση των τοπογραφικών βυθισμάτων της περιοχής Βάρης – Βάρκιζας και εμφανίζονται με τη μορφή ποταμοχειμάρριων αποθέσεων. Κοντά στις ακτές, τα υλικά αυτά έχουν λεπτομερέστερη υφή (άργιλοι, ιλύες, άμμοι) (Παυλόπουλος Π.,1992).

Το υδρογραφικό δίκτυο της Βάρης, (εικόνα 3.2) αναπτύσσεται σε μια έκταση 26 km<sup>2</sup>. Έχει αναπτυχθεί πάνω σε διαπερατούς σχηματισμούς (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, Τεταρτογενείς αποθέσεις) που έχουν υποστεί διάβρωση. Το υπόβαθρο εύκολης διάβρωσης, σε συνδυασμό με το ήπιο τεκτονικό καθεστώς της περιοχής, βοηθά στην εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου. Αυτό συμβαίνει, γιατί τα επιφανειακά ύδατα βρίσκουν αρκετές διόδους, γεγονός που δημιουργεί τις προϋποθέσεις, για μεγάλο αριθμό κλάδων, με ικανοποιητικό μήκος, ιδιαίτερα στο άνω τμήμα της υδρογραφικής λεκάνης (Παυλόπουλος Π.,1992).

Κυριότερο ρέμα στην περιοχή, είναι το ρέμα Κόρμπι, το οποίο είναι εποχικά ξηρό, με συνήθη εποχική δίαιτα, που ακολουθεί τη μέση βροχόπτωση, δηλαδή μικρές βροχοπτώσεις και λίγες ημέρες βροχής, από τα μέσα Απριλίου μέχρι και τις αρχές Οκτωβρίου, με σχετικά σημαντική αύξηση κατά το υπόλοιπο διάστημα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι κατά τη μέγιστη πλημμύρα, η παροχή νερού στο παραλιακό τμήμα αναμένεται να είναι της τάξης των 160 m<sup>3</sup>/sec, βάσει στοιχείων της Οριστικής Μελέτης Υδραυλικών Έργων για το έργο "Διευθέτηση ρέματος Κόρμπι από Λ. Βάρης – Κορωπίου μέχρι εκβολή", της Δ/σης Τεχνικών Υπηρεσιών, της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Ανατολικής Αττικής (Παυλόπουλος Π.,1992).



**Εικόνα 3.2:** Υδροκρίτης και υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής της Βάρης (Ψηφιοποίηση και χαρτογράφηση Bouazza I., 2009).

Οι κλίσεις της λεκάνης απορροής διακρίνονται σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν, οι τιμές κλίσεων των κλάδων 1ης και 2ης τάξης, που αναπτύσσονται κυρίως στα υψηλότερα σημεία της περιοχής (ορεινό τμήμα), όπου κυριαρχούν τα μάρμαρα και οι δολομίτες. Η μέση τιμή κλίσης για τους κλάδους 1ης τάξης είναι 30%, ενώ για τους κλάδους 2ης τάξης 29,3%. Στη δεύτερη ομάδα, ανήκουν οι τιμές των κλίσεων των κλάδων 3ης και 4ης τάξης, που αναπτύσσονται στα χαμηλότερα σημεία της περιοχής (πεδινό τμήμα), όπου επικρατούν, κατά κύριο λόγο, Νεογενή και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις. Η μέση τιμή κλίσης για τους κλάδους της 3ης τάξης είναι 15,8%, ενώ για τους κλάδους της 4<sup>ης</sup> 14,4% (Παυλόπουλος Π., 1992).

Από τις κλίσεις επιβεβαιώνεται, ότι η λεκάνη της Βάρης, βρίσκεται κατά πολύ μεγάλο ποσοστό σε στάδιο ωριμότητας, ενώ είναι λίγοι οι νέοι κλάδοι, που δεν έχουν αποκτήσει την τελική τους μορφή, ως προς την ανάπτυξη τους. Οι κλάδοι 3ης και 4ης τάξης, στο μεγαλύτερο μέρος τους, διέρχονται μέσα από αξιοποιημένες περιοχές (Παυλόπουλος Π., 1992).

Οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην κοίτη των κλάδων, χαρακτηρίζονται κυρίως από τη ρίψη οικοδομικών υλικών και απορριμμάτων, με αποτέλεσμα να δημιουργούν προβλήματα στην κανονική ροή του δικτύου, γιατί στις περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης παρατηρείται σημαντική στερεοπαροχή στα κατάντη. Επίσης, η δημιουργία κάθετων εμποδίων, που λειτουργούν ως φράγματα, έχει ως αποτέλεσμα σε περιπτώσεις πλημμύρας, τη δημιουργία μηχανισμών αυτοενίσχυσης της ορμής του νερού. Τέλος, ένα άλλο πρόβλημα που εμφανίζεται στην περιοχή και ειδικότερα στα κατώτερα τμήματα όπου η κοίτη έχει μεγαλύτερο πλάτος, είναι η χάραξη του οδικού δικτύου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε περιπτώσεις μεγάλης παροχής και λόγω ασφαλτόστρωσης, το νερό να αποκτά μεγάλη ενέργεια και να δημιουργεί αρνητικές επιπτώσεις στα κατάντη (Κουσίδης Α., 2000).

### **3.4 Τεκτονική**

Ο Kober (1929) αναφέρει ότι η περιοχή της Αττικής, χαρακτηρίζεται από δομή τεκτονικών καλυμμάτων.

Ο Μαρίνος Γ. και Petrascheck W. (1951-1953), θεωρούν ότι τα μεταμορφωμένα Μεσοζωϊκά στρώματα της Αττικής, αντιστοιχούν στις άλλες γνωστές μη μεταμορφωμένες διαπλάσεις της Ανατολικής Αττικής.



Οι Leleu and Neumann (1969), εντάσσουν τους σχηματισμούς στις εσωτερικές Ελληνίδες.

Ο Dürr et al (1978), εντάσσουν την Αττική στην ενδιάμεση κρυσταλλική ζώνη του Αιγαίου.

Ο Κατσικάτσος Γ., 1986 θεωρεί, ότι η αυτόχθονη ενότητα της Αττικής εντάσσεται στην εξωτερική γεωτεκτονική ζώνη των Ελληνίδων (Καρούμπαλη 2002).

Ο Παπανικολάου Δ., 1986 θεωρεί, ότι η Αττική αντιστοιχεί στην ενδιάμεση τεκτονομεταμορφική ζώνη των Ελληνίδων. Δέχεται μια διπλή τεκτονική κίνηση μετά το Αν. Ηώκαινο - Ολιγόκαινο με: α) επώθηση της Αττικής και του Λαυρίου, επάνω στην ενότητα Αλμυροποτάμου και β) επώθηση του Αλμυροποτάμου, επάνω στην Αττική μετά την προς τα δυτικά προώθησή της κατά την προηγούμενη φάση. Οι ενότητες Αττικής και Λαυρίου, δείχνουν ότι πρόκειται μάλλον για παλαιότεκτονισμένες ενότητες, που επανατεκτονίστηκαν στο Ηώκαινο.

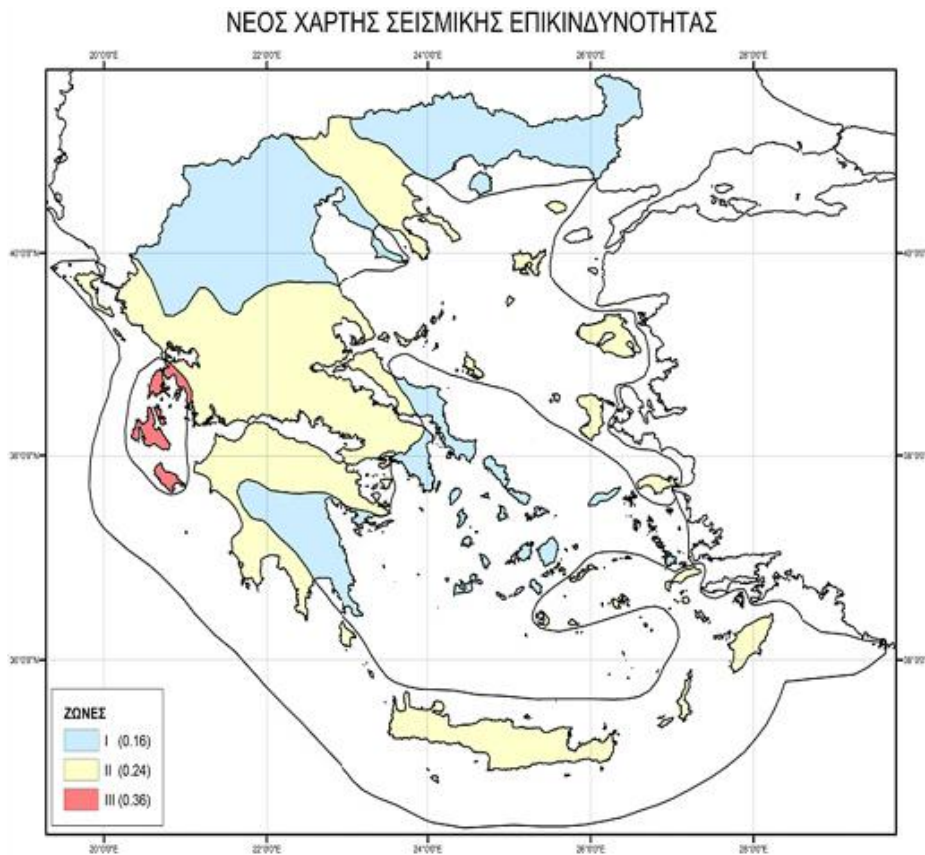
Η Βάρη και η Βάρκιζα, αποτελούν τμήμα στενής τεκτονικής τάφρου, διεύθυνσης περίπου Β-Ν, η οποία εκτείνεται σε όλο το πλάτος της Αττικής και είναι πληρωμένη με Νεογενή ιζήματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι σε όλη την πεδινή έκταση, έχουμε πλήρη κάλυψη από αλλούβια.

Τα μάρμαρα, που βρίσκονται δυτικά της Βάρης, έχουν κλίση 20° προς ΝΑ, ενώ τα ανατολικά έχουν κλίση 20° προς ΒΔ, με αποτέλεσμα η κοιλάδα να θεωρείται ένα σύγκλινο. Τα ρήγματα της περιοχής απεικονίζονται στον χάρτη 3.1. Πιο συγκεκριμένα από τον γεωλογικό χάρτη (χάρτης 3.1), παρατηρούμε, ότι ο σχηματισμός του κατώτερου μαρμάρου στην περιοχή μελέτης, είναι έντονα διερρηγμένος από μεγάλα ρήγματα, στα οποία η προέκτασή τους θάβεται κάτω από Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα. Τα ρήγματα αυτά έχουν διεύθυνση ΒΔ και ΒΑ.

### **3.5 Σεισμικότητα**

Ο νέος Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας, ενσωματώνεται στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό του 2000, που τροποποιήθηκε με την απόφαση Δ 17α/115/9/ΦΝ 275/7.8.2003 και δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1154Β/12.8.2003. Κατατάσσει τόσο την άμεση όσο και την

ευρύτερη περιοχή μελέτης, στην ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I (χαμηλής σεισμικής επικινδυνότητας). Η αναμενόμενη σεισμική επιτάχυνση για την κατηγορία I δίνεται από τη σχέση:  $A = \alpha \cdot g$ , όπου  $g$ : επιτάχυνση βαρύτητας και  $\alpha$ : 0.16 για τη ζώνη I σεισμικής επικινδυνότητας.



**Εικόνα 3.3:** Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας.

### 4.1 Γενικά

Η γεωλογική δομή μιας περιοχής, σε συνδυασμό με τις υδρο-μετεωρολογικές συνθήκες, επηρεάζουν την ύπαρξη και τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων.

Στην περιοχή, επικρατούν υδροπερατοί σχηματισμοί, που ευνοούν τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων, που επιτυγχάνεται από την άμεση κατείδυση των νερών της βροχής, παρόλο το μικρό ύψος βροχόπτωσης, από τις διηθήσεις των χειμαρρικών νερών και από τις πλευρικές μεταγίσεις των πλευρικών κορημάτων. Δευτερευούσης σημασίας, είναι ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα, από τις πλευρικές μεταγίσεις, της επαφής του καλύμματος των σχιστολίθων, οι οποίοι δεν είναι τόσο έντονα τεκτονισμένοι.

Σημαντική είναι η υπόγεια υδροφορία στις προσχωσιγενείς κυρίως αποθέσεις, όπου εμφανίζονται φρεάτιοι υδροφόροι, που έχουν αξιόλογη παροχή σε περιοχές αποθέσεων χειμάρρων. Οι βαθείς υδροφόροι αναπτύσσονται σε καρστικοποιημένα μάρμαρα και κρητιδικούς ασβεστόλιθους, που βυθίζονται κάτω από τους νεότερους γεωλογικά σχηματισμούς, αλλά η επίδραση της θάλασσας είναι συχνή, όταν η στάθμη του υπόγειου νερού σε αυτούς τους υδροφόρους είναι κοντά στην στάθμη της θάλασσας και η απόσταση από αυτήν μικρή (Ζερβογιάννη–Μακρυγιάννη Μ., 1969).

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζεται η υδρολιθολογική ταξινόμηση των σχηματισμών και η έκτασή τους, που υπολογίστηκε, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, με την βοήθεια του γεωλογικού χάρτη.

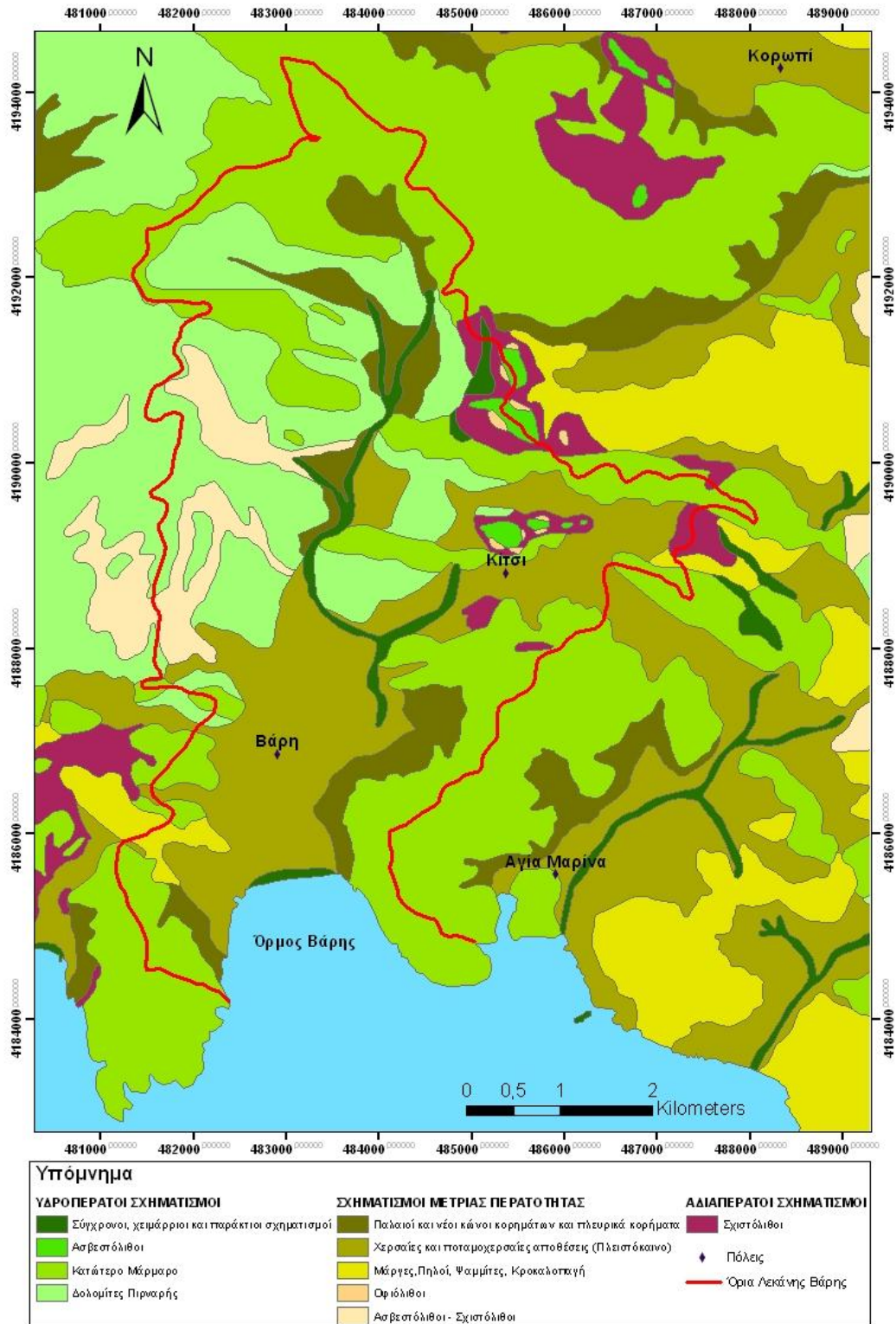
Λιθολογία περιοχής μελέτης	Υδρολιθολογικός χαρακτηρισμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση (%)
Σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί	Υδροπερατοί	0,1108537	0,116074
Αποθέσεις στις κοίτες των χειμάρρων		1,96195797	2,054351
Ασβεστόλιθοι		0,4694696	0,491578
Κατώτερο μάρμαρο		32,39237194	33,9178
Δολομίτες Πιρναρης		16,18067686	16,94266
Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων	Μέτριας περατότητας	6,20902771	6,501424
Χερσαίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις		20,85616901	21,83833
Μάργες-Πηλοί-Ψαμμίτες		9,95277754	10,42147
Οφιόλιθοι (έντονα τεκτονισμένοι)		0,10539389	0,110357
Ασβεστόλιθοι - σχιστόλιθοι		3,1381548	3,285937
Σχιστόλιθοι	Αδιαπέρατοι	4,12572893	4,320018
	<b>Σύνολο</b>	95,50258195	<b>100</b>

**Πίνακας 4.1:** Υδρολιθολογική ταξινόμηση των σχηματισμών και η έκταση που καταλαμβάνουν στην περιοχή μελέτης.

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί καλύπτουν συνολικά το 4,32 % της περιοχής μελέτης, οι μέτριας περατότητας το 42,26 % και οι περατοί το υπόλοιπο 53,52 %. Χαρακτηριστικό είναι ότι, οι χερσαίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις και ο σχηματισμός του κατώτερου μάρμαρου, καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη έκταση της περιοχής, με ποσοστά 21,84% και 33,92 % αντίστοιχα.

Η υπεράντληση του υπόγειου νερού, ιδιαίτερα την καλοκαιρινή περίοδο, για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών σε συνδυασμό με το μικρό σχετικά ύψος βροχόπτωσης, έχει οδηγήσει σε υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού, ταπείνωση της στάθμης με ταυτόχρονη διείσδυση της θάλασσας, καθώς και την εξαφάνιση της επιφανειακής απορροής στις κοίτες των κύριων κλάδων αποστράγγισης.

Για την κατανόηση των υδρογεωλογικών συνθηκών, που επικρατούν στην περιοχή της μελέτης, εξετάζεται η υδρολιθολογική συμπεριφορά των σχηματισμών από το πιο υδροπερατό στο πιο αδιαπέρατο. Στον χάρτη 4.1 παρατίθεται ο υδρογεωλογικός χάρτης της περιοχής.



**Χάρτη 4.1 :** Υδρογεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχή της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας (Πηγή ψηφιοποίησης από τον γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1/500.000, Κουκουβίνος- Τοπογράφος μηχανικός).

## 4.2 Υδρολιθολογική Ταξινόμηση

Σύμφωνα με την υδρογεωλογική συμπεριφορά, οι γεωλογικοί σχηματισμοί της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες :

### 4.2.1 Υδροπερατοί σχηματισμοί

**Σύγχρονοι, γειμάρριοι και παράκτιοι σχηματισμοί:** Η εξάπλωση τους είναι περιορισμένη (πίνακας 4.1) και το πάχος τους μικρό, με αποτέλεσμα να έχουν μειωμένο ενδιαφέρον ως υδροφόρα συστήματα. Εμφανίζονται στα χαμηλά και στα πεδινά τμήματα της περιοχής μελέτης. Πρόκειται για άμμους, χαλίκια, κροκάλες και αργιλικές παρεμβολές. Λόγω πορώδους και του ποσοστού της αργίλου, που είναι μικρό, έχουμε αυξημένη υδροπερατότητα και φρεάτιους υδροφόρους περιορισμένης έκτασης, που τροφοδοτούνται κατά κύριο λόγο από την διήθηση του νερού της βροχής ή και από τους ανθρακικούς σχηματισμούς. Η ανάπτυξη της υδροφορίας εκτός από την πλευρική τροφοδοσία, εξαρτάται και από το υπόβαθρο δηλαδή αν αυτό είναι σχιστολιθικό ή γενικότερα στεγανό.

**Κατώτερο Μάρμαρα - Ασβεστόλιθοι - Δολομίτες Πιρναρής:** Ως πορώδη έχουν μικρή διαπερατότητα, αλλά η τεκτονική διάρρηξη και κατάκλαση τα καθιστούν υδροπερατά. Στην περιοχή ενδιαφέροντος έχουν σημαντικό ρόλο, αφού συμβάλλουν στον σχηματισμό των ορεινών όγκων, που πλαισιώνουν την λεκάνη Βάρη – Βάρκιζας.

Στο κατώτερο μάρμαρο έχουν αποτυπωθεί πλήθος διαρρήξεων και διακλάσεων, που δημιουργούν ένα πυκνό αλληλοτεμνόμενο δίκτυο ασυνεχειών, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεγάλη υδροφορία.

Μια επιπρόσθετη διεργασία στους σχηματισμούς αυτούς, είναι η καρστική διάλυση. Η διαδικασία αυτή ακολουθεί κυρίως τις επιφάνειες ασυνέχειας. Η διεύρυνση, που δημιουργείται στα επιφανειακά στρώματα (βάθος 2 έως 3 m), κατά μήκος των επιφανειών ασυνέχειας, είναι της τάξης των μερικών εκατοστών και συνήθως το κενό, που σχηματίζεται πληρώνεται από λεπτομερές αργιλικό υλικό.

#### 4.2.2 Σχηματισμοί μέτριας περατότητας

**Τεταρτογενείς αποθέσεις:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι παλαιοί - νέοι κώνοι κορημάτων - πλευρικά κορήματα και οι καστανόχρωμες χερσαίες ποταμοχερσαίες αποθέσεις. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται κυρίως από συνεκτικούς αργιλοπηλούς ποικίλης ορυκτολογικής σύστασης με διάσπαρτες κροκάλες και λατύπες ποικίλου σχήματος και μεγέθους. Λόγω της ορυκτολογικής τους σύστασης, αποτελούν υδροφόρα συστήματα μέτριας περατότητας. Η εμφάνιση τους στην περιοχή μελέτης είναι σημαντική (πίνακας 4.1). Πιο συγκεκριμένα η εμφάνιση των παλαιών - νέων κώνων κορημάτων - πλευρικών κορημάτων, είναι στα κατώτερα τμήματα των κλιτύων των βουνών. Αντίθετα οι καστανόχρωμες ποταμοχερσαίες αποθέσεις, απαντώνται στα χαμηλά και πεδινά τμήματα της περιοχής που εξετάζουμε.

**Νεογενείς αποθέσεις:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μάργες – πηλοί- ψαμμίτες – κροκαλοπαγή. Καταλαμβάνουν σημαντική έκταση στην περιοχή μελέτης (πίνακας 4.1) και σε ορισμένες θέσεις καλύπτονται από Πλειστοκαινικές αποθέσεις. Οι μάργες και οι πηλοί αποτελούν στεγανά στρώματα, αλλά σε εναλλαγές με ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, εμφανίζουν μέτριας δυναμικότητας υδροφορία, εξαιτίας της επιβραδυντικής δράσης των πηλών και των μαργών στην υπόγεια κυκλοφορία του νερού.

**Οφιόλιθοι:** Η έκταση τους είναι πολύ περιορισμένη και εμφανίζεται Βόρεια από την περιοχή Κίτσι με τεκτονικές επαφές ανάμεσα στους σχηματισμούς, των Ανωκρητιδικών ασβεστολίθων και των σχιστόλιθων του Κατώτερου Κρητιδικού. Τα οφιολιθικά πετρώματα είναι γενικά αδιαπέρατα, αλλά με την επίδραση τεκτονικών δυνάμεων γίνονται μέτριας περατότητας.

**Ασβεστόλιθοι – Σχιστόλιθοι (ή Σχιστόλιθοι Βάρης Κατώτερου Τριαδικού):** Η έκταση των σχηματισμών αυτών, δεν είναι πολύ μεγάλη και εμφανίζεται ΒΔ από την περιοχή της Βάρης και συγκεκριμένα στο Νότιο τμήμα του Υμηττού. Το σύμπλεγμα αυτό χαρακτηρίζεται ως μέτριας περατότητας, λόγω της ύπαρξης των στεγανών σχιστολίθων, που εναλλάσσονται με τους ασβεστόλιθους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθούν υδροφόροι πολύ μικρού υδατικού δυναμικού.

Γεωτρήσεις, που έγιναν στην Ανατολική πλευρά του Νότιου τμήματος (περιοχές Ντούσι, Κρεβάτια κ.λ.π) διάτρησαν τον δολομίτη (Πιρναρής) και συνάντησαν τον σχιστόλιθο σε

θετικά υψόμετρα, χωρίς νερό. Τα στοιχεία αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο σχιστόλιθος της Βάρης παίζει το ρόλο υπόγειου υδροκρίτη. Επίσης, Νοτιοδυτικά της σχολής Ευελπίδων υπάρχει γεώτρηση που ανοίχτηκε στους σχιστολίθους, όπου έφτασε σε βάθος 120 m και είχε παροχή της τάξεως των 30 m<sup>3</sup>/h με στάθμη στο επίπεδο περίπου της θάλασσας (Βέροιος Γ., Μεταλλειολόγος Μηχ. και εργολήπτης), (Γεωργαλάς Λ., 1996).

#### 4.2.3 Αδιαπέρατοι σχηματισμοί

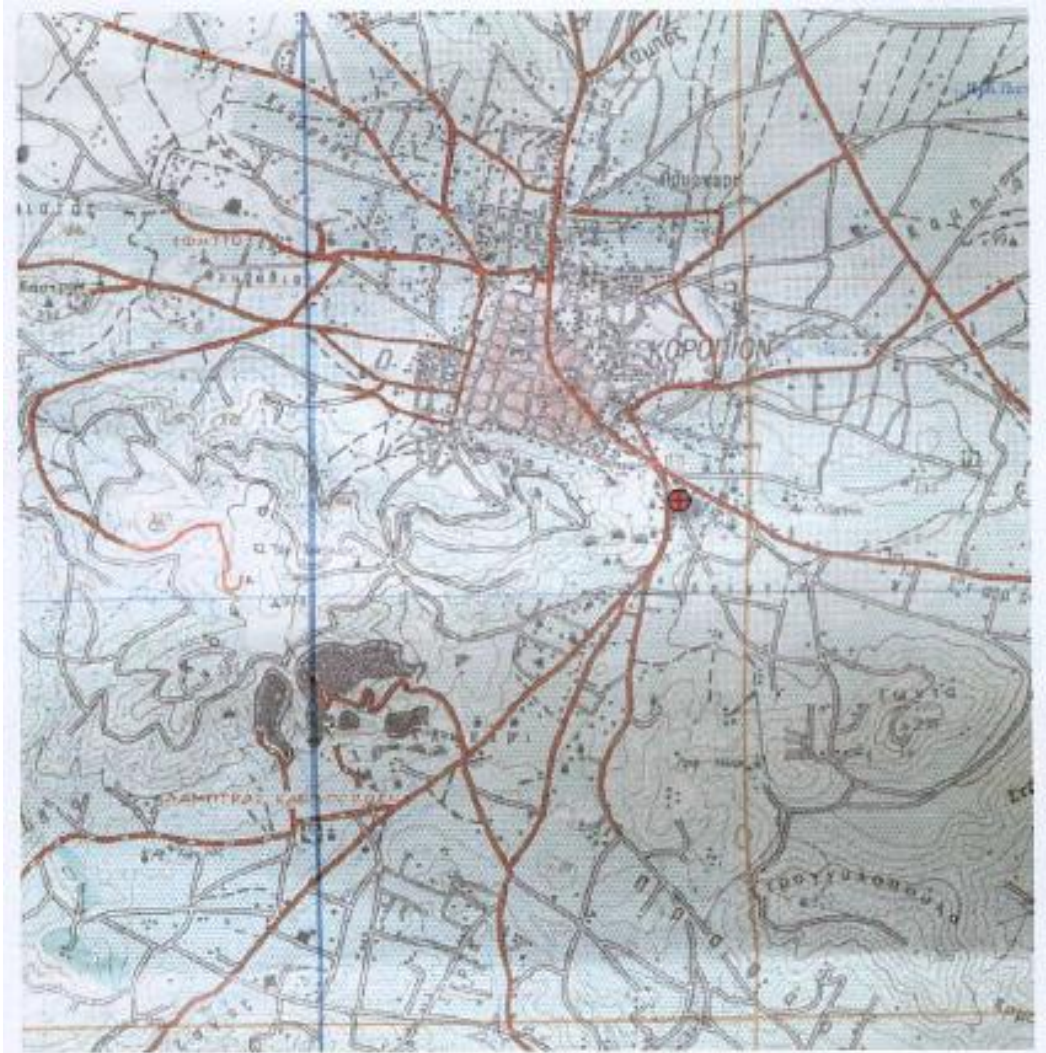
**Σχιστόλιθος (Κατώτερου Κρητιδικού):** Ο σχηματισμός αυτός εμφανίζονται Δυτικά της περιοχή της Βάρης, Βόρεια και Νότια της περιοχής Κίτσι και Νοτιοδυτικά της περιοχής Κορωπίου. Η έκταση του είναι σημαντική (πίνακας 4.1). Παρουσιάζει ένα ασήμαντο πρωτογενές και δευτερογενές πορώδες. Πάνω του έχουμε τριτογενείς αποθέσεις. Αν πρόκειται για μάργες και πηλούς δεν υπάρχει υδροφορία, ενώ αν πάνω στους σχιστόλιθους επικάθονται σε εναλλαγές μάργες – πηλοί- ψαμμίτες – κροκαλοπαγή τότε αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ανάλογα βέβαια και με το πάχος των σχηματισμών αυτών. Με αποσάθρωση οι σχιστόλιθοι δίνουν έδαφος πλούσιο σε άργιλο, στο οποίο ίσως να αναπτύσσεται ασθενής υδροφορία, εξαρτώμενη από το τοπογραφικό υπόβαθρο. Βαθύτερα η υδροφορία είναι ασήμαντη εκεί, που εμφανίζονται σχιστόλιθοι.

Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε ότι, ανορύχθηκε γεώτρηση 0,5 km. ΝΑ της πόλεως του Κορωπίου, σε υψόμετρο 110 m περίπου (Τοπογραφικός χάρτης εικόνας 4.1). Η ανόρυξη έγινε τον Οκτώβριο του 2007 με γεωτρύπανο SOIL-MEC και με τη μέθοδο *down the hole* (αερόσφυρας). Ανορύχθηκε με διάμετρο 12 ¼” μέχρι βάθους 138 m. Μέχρι το βάθος των 20 m διέτρησε αργίλους και στη συνέχεια μέχρι τέλους διέτρησε ανθρακικούς σχηματισμούς (Γεωλογική τομή, εικόνα 4.2) (Ν. Σιέμος, Ι. Μιχαλάκης και Σ. Αναστασοπούλου., 2010).

Η γεώτρηση σωληνώθηκε μέχρι βάθους, των 138 m με σωλήνες γαλβανιζέ, διαμέτρου 8 5/8” και πάχους 4 mm ως εξής: 0 – 20 m : Τυφλοί σωλήνες, 102 – 138 m : Φίλτρα τύπου γέφυρας. Εξωτερικά της σωλήνωσης τοποθετήθηκε πιεζομετρικός σωλήνας γαλβανιζέ, διαμέτρου 1”, βαρέως τύπου και μήκους 132 m για τον έλεγχο της στάθμης της υδροφορίας. Η γεώτρηση χαλικώθηκε με χαλίκι καλής στρογγυλότητας. Υδροφορία εντοπίστηκε στο βάθος μεταξύ 118 και 144 m δυναμικότητας κατ’ εκτίμηση τουλάχιστον **20 m<sup>3</sup>/h** και η οποία έδωσε στάθμη στο βάθος των 105 m περίπου και με ποιότητα υδροφορίας επηρεασμένη από θαλάσσια διείδυση. Από τον γεωτρητικό έλεγχο διαπιστώθηκε σημαντική ποσοτικά καρστική υδροφορία πλην



όμως ποιοτικά επηρεασμένη από τη θαλάσσια διείσδυση (Ν. Σιέμος, Ι. Μιχαλάκης και Σ. Αναστασοπούλου., 2010).

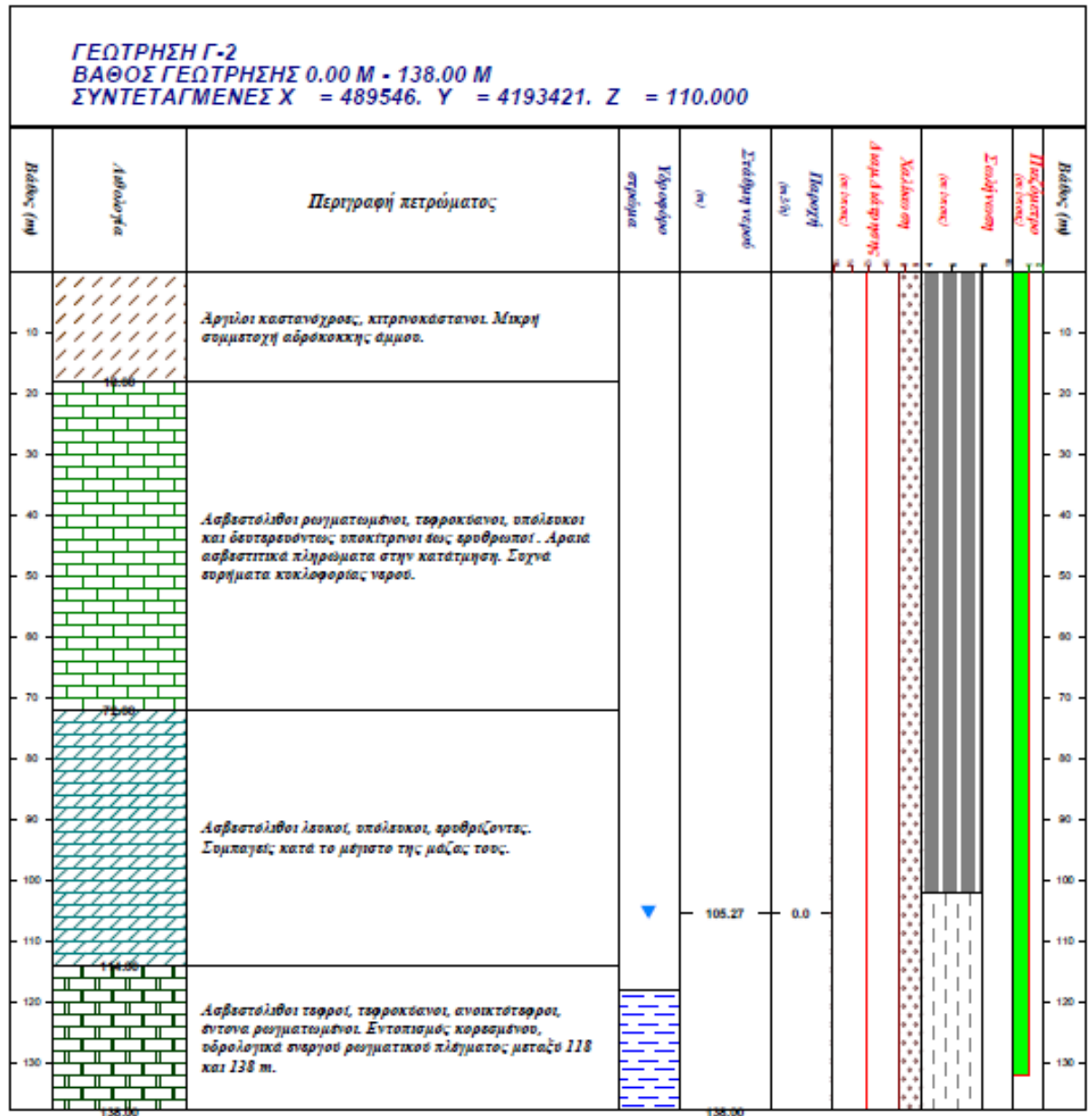


**Εικόνα 4.1:** Τοπογραφικός χάρτης, της περιοχής ανόρυξης, της υδρογεώτρησης Γ2 (κουκίδα κόκκινη), στη περιοχή του Κορωπίου, κλίμακας 1/50.000 (Ν. Σιέμος, Ι. Μιχαλάκης και Σ. Αναστασοπούλου., 2010).

ΝΟΜΟΣ : ΑΤΤΙΚΗΣ  
 ΠΕΡΙΟΧΗ : ΚΟΡΩΠΗ

ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ : SOIL-MEC  
 ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ : 2007  
 ΗΜΕΡΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : 10/2007

Τ.Φ.Χ. : ΑΘΗΝΑ-ΚΟΡΩΠΗ ΚΛΙΜ. : 1:50.000



**Εικόνα 4.2:** Γεωλογική τομή της γεώτρησης Γ2 (Σύνταξη Ν. Σιέμος και Ηλεκτρονική επεξεργασία Σ. Στουρνάρας).

### 4.3 Υπόγεια Υδροφόρα Συστήματα

#### 4.3.1 Καρστικά Συστήματα

Η καρστική υδροφορία αφορά τους ανθρακικούς σχηματισμούς, που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης μεταμορφωμένοι και ημι – μεταμορφωμένοι, Πρόκειται για σχηματισμούς του κατώτερου μαρμάρου συμπεριλαμβανομένου των ασβεστολίθων του Ανώτερου Κρητιδικού, τους δολομίτες της Πιρναρής και των σχιστολίθων της Βάρης. Από τις ανθρακικές εμφανίσεις υδρογεωλογικό ενδιαφέρον, παρουσιάζουν οι σχηματισμοί του κατώτερου μαρμάρου και οι δολομίτες Πιρναρής, οι οποίοι έχουν εκτεταμένη εμφάνιση στην περιοχή μελέτης, επιφανειακή και σε βάθος.

Οι σχηματισμοί του κατώτερου μαρμάρου είναι έντονα διερρηγμένοι, με πυκνό σύστημα διακλάσεων και καρστικοποιημένοι, όπως αποδεικνύεται από την παρουσία καρστικών αγωγών και σπηλαίων. Στην λεκάνη της Βάρης οι σχηματισμοί του κατώτερου μαρμάρου καλύπτουν το Βορειοανατολικό τμήμα, το Νοτιοανατολικό τμήμα και Νοτιοδυτικό τμήμα.

Η τροφοδοσία των υπόγειων καρστικών υδροφόρων γίνεται από την πλούσια κατείδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, γεγονός, που αποδεικνύεται από την ατελή ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στις περιοχές, που αποτελούνται από τους σχηματισμούς του κατώτερου μαρμάρου.

Το σύστημα κατώτερο μάρμαρο – δολομίτες Πιρναρής εκφορτίζεται, σε παράκτιες και υποθαλάσσιες πηγές (Βουλιαγμένης, Λουμπάρδας κ.ά.). Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός, ότι σε γεωτρήσεις, που συναντούν τα ανθρακικά πετρώματα, κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, η υδροστατική στάθμη των νερών που συναντώνται σ' αυτά, ανεβαίνει περίπου στο επίπεδο της θάλασσας (πάντα σε θετικό υψόμετρο). Για τον λόγο, αυτό ο Σ. Λέκκας (1992), υποστηρίζει ότι υπάρχει υδραυλική επικοινωνία μεταξύ όλων των ανθρακικών μαζών της περιοχής, παρά το γεγονός, ότι πολλές από αυτές καλύπτονται περιφερειακά, άλλοτε τεκτονικά από το φυλλιτικό σύστημα, άλλοτε στρωματογραφικά από νεογενή ιζήματα, δημιουργώντας την αίσθηση απομονωμένων ανθρακικών νησίδων (Γεωργαλάς 1996).

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε, ότι η περιοχή μελέτης αναπτύσσεται ΝΑ του όρους Υμηττού. Ο Υμηττός κατά το μεγαλύτερο μέρος του αποτελείται από μάρμαρα. Η καρστικοποίηση, που

έχει υποστεί, είναι έντονη και φυσικά ακολουθεί τα ρήγματα, τις διακλάσεις και τα επίπεδα στρώσεων. Διακρίνονται γλυφές (karrens) διαφόρων ειδών, όμως ιδιαίτερα σημαντικά φαινόμενα είναι τα σπήλαια και τα βάραθρα, ορισμένα από τα οποία διαθέτουν πλούσιο διάκοσμο από σταλακτίτες και σταλαγμίτες. Η Ελληνική Σπηλαιολογική Εταιρεία (Ε.Σ.Ε) έχει καταγράψει στον Υμηττό 85 σπήλαια, βάραθρα και κοιλώματα. Οι σπουδαιότεροι καρστικοί σχηματισμοί είναι :

1. η λίμνη της Βουλιαγμένης, οποία είναι μια δολίνη και πιο πίσω το ομώνυμο βάραθρο
2. το σπήλαιο Κουτούκι στην Παιανία
3. το σπήλαιο Νυμφόληπτου ή Αρχέδαμου ή Απόλλωνος ή Πανός ή Νυμφών στην Βάρη
4. το βάραθρο Αστερίου, κοντά στην ομώνυμη μονή
5. το βάραθρο Κορακοβουνίου
6. το σπήλαιο Λεοντάρι στα Γλυκά Νερά
7. η Στρογγυλή Σπηλιά στα Σούρμενα
8. το σπήλαιο Μαυροβουνίου κ.τ.λ

Σύμφωνα με τον Κούνη, 1976, στα μάρμαρα και τους δολομίτες η μεγάλη περατότητα αναπτύσσεται σε περιοχές μακριά από τις μεταβατικές προς σχιστολίθους. Οι τελευταίοι δημιουργούν ημιπερατά ή αδιαπέρατα διαφράγματα με ακόλουθη μείωση της καρστικής διεύρυνσης, του αναπτύγματος και της λειτουργικότητας των ρωγμών (Ελληνας Α., 2005).

Στην περιοχή της Βάρης και συγκεκριμένα προς την παραλία της Βάρκιζας, Ανατολικά και Δυτικά οι σχηματισμοί του κατώτερου μαρμάρου καταλήγουν στην θάλασσα και συγκεκριμένα στον όρμο της Βάρης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα μάρμαρα να βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με το θαλασσινό νερό, με αποτέλεσμα τους καλοκαιρινούς μήνες, που οι αντλήσεις είναι εκτεταμένες να ενισχύεται το φαινόμενο της υφαλμύρωσης.

#### **4.3.2 Κοκκώδη Συστήματα**

Τα κοκκώδοι υδροφόρα συστήματα με βάση την περιοχή έρευνας διακρίνονται στις εξής δύο κατηγορίες:

1. Νεογενή
2. Τεταρτογενείς αποθέσεις

#### **4.3.2.1 Νεογενή**

Η υδροπερατότητα και η υδροχωρητικότητα των νεογενών, εξαρτάται κύρια από τη λιθολογική τους σύσταση. Σημαντική υδροφορία αναμένεται στα κροκαλοπαγή και στους ψαμμίτες.

Τα νεογενή στο σύνολο τους, δεν αποτελούν σημαντικό υδροφόρο σχηματισμό, εξαιτίας των εναλλαγών υδροπερατών με στεγανά πετρώματα, όπως είναι οι μάργες και οι πηλοί ενώ η υδροπερατότητα τους είναι άμεση συνάρτηση της λιθολογίας. Τα νεογενή καταλαμβάνουν Βορειοανατολικά και Νοτιοδυτικά πεδινές περιοχές της περιοχής μελέτης. Η τροφοδοσία γίνεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, πιθανή, τροφοδοσία υπάρχει και μέσω πλευρικής επικοινωνίας με την καρστική υδροφορία. Στις συγκεκριμένες θέσεις, τα νεογενή υπέρκεινται σε ορισμένα σημεία τους σχιστολίθους του Κατώτερου Κρητιδικού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθούν ευνοϊκές συνθήκες, ώστε να αναπτυχθεί σημαντική υδροφορία.

Ο Κούνης Γ., 1976 αναφέρει ότι στο νεογενές, η συμμετοχή λεπτόκοκκου υλικού έχει δυσμενή χαρακτήρα στα υδραυλικά χαρακτηριστικά και η προσφορά νερού γίνεται από διαρροές του τεταρτογενούς καλύμματος.

#### **4.3.2.2 Τεταρτογενείς αποθέσεις**

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις φιλοξενούν την κύρια υπόγεια υδροφορία, στην οποία γίνεται εκτεταμένη εκμετάλλευση στην περιοχή μελέτης. Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν οι σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί, οι αποθέσεις στις κοίτες των χειμάρρων, τα πλευρικά κορήματα και οι ποταμοχερσαίες αποθέσεις.

Η τροφοδοσία τους γίνεται μέσω άμεσης κατείσδυσης, ενώ η έμμεση τροφοδοσία είναι περιορισμένη, διότι τα ανθρακικά δεν επιτρέπουν την επιφανειακή απορροή προς τις προσχώσεις (το υδρογραφικό δίκτυο σβήνει σύντομα) (Κούνης Γ.,1976). Λόγω όμως του μικρού πάχους του σχηματισμού, ο υδροφόρος είναι περιορισμένης δυναμικότητας και εκεί όπου τα τεταρτογενή επικάθονται κατ' ευθείαν πάνω σε ανθρακικά, διαδραματίζουν ρόλο διαβίβασης του νερού στα υποκείμενα(Ελληνας Α., 2005) Αυτό συμβαίνει γιατί τα μικρά υψόμετρα των ανθρακικών στα νότια και οι σχιστόλιθοι κάτω από αυτά στις δυτικές παρυφές

του Υμηττού διαδραματίζουν δυσμενή ρόλο στην πλευρική μετάγγιση προς τις προσχώσεις, από τα μάρμαρα και τα συναφή πετρώματα (Κούνης Γ., 1976).

Τα πλευρικά κορήματα καλύπτουν τις παρυφές των βουνών της περιοχής μελέτης, συνήθως υπέρκεινται των μαρμάρων ή των νεογενών και σχιστολίθων. Συνίσταται από χαλαρά σχετικά πρόσφατα πλευρικά κορήματα. Το πάχος τους γενικά δεν είναι πολύ μεγάλο. Η τροφοδοσία των πλευρικών κορημάτων πραγματοποιείται από τις βροχοπτώσεις.

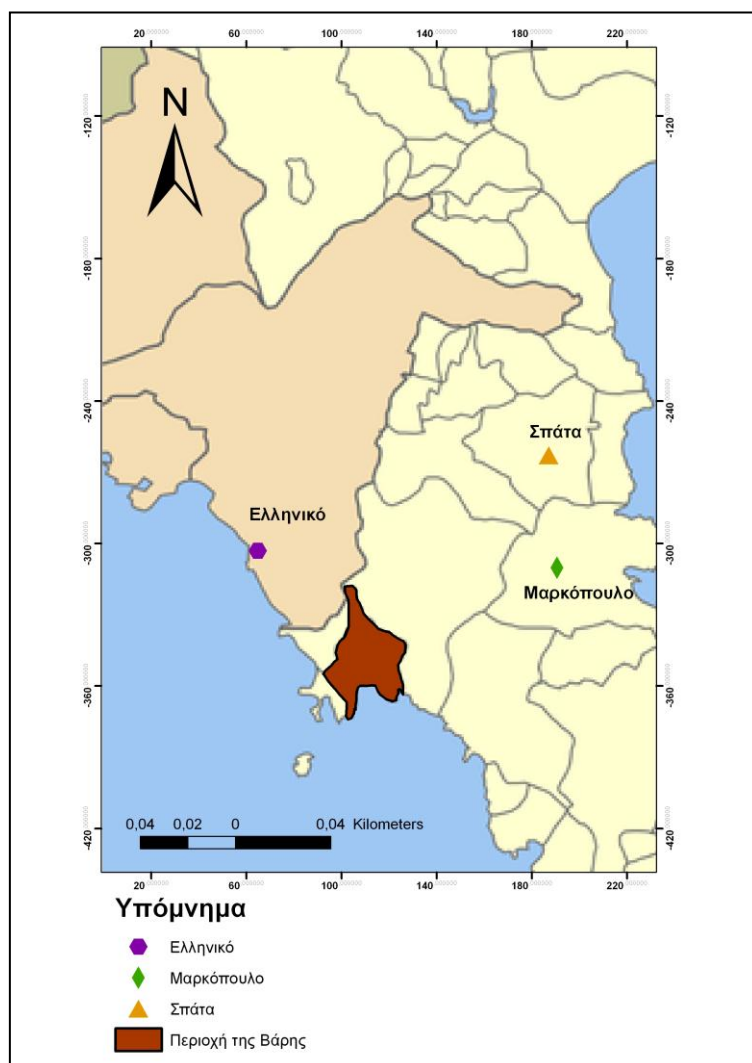
Οι προσχωσιγενείς αποθέσεις (αποθέσεις στις κοίτες των χειμάρρων και οι ποταμοχερσαίες αποθέσεις), συνίσταται κυρίως από αργιλομαργαικά υλικά με κροκάλες και χάλικες. Είναι χαλαροί ασύνδετοι σχηματισμοί με σημαντικοί εξάπλωση στην πεδινή ζώνη. Η περατότητα τους είναι αντιστρόφως ανάλογη με το ποσοστό αργιλομαργαικού υλικού, που περιέχουν και αυξάνεται από την παρουσία αμμώδους υλικού, κροκάλων, χάλικων και άλλων χονδρόκοκκων. Στις αποθέσεις αυτές εξαιτίας τόσο κατά την κατακόρυφο, όσο και κατά την οριζόντιο έννοια ετερογένειά τους σχηματίζουν επάλληλους υδροφόρους ορίζοντες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Κλιματολογικά– Μετεωρολογικά Στοιχεία

### 5.1 Γενικά

Τα υδρομετεωρολογικά δεδομένα και το κλίμα είναι ρυθμιστικοί παράγοντες του υδρολογικού κύκλου του νερού, και επηρεάζουν άμεσα την τροφοδοσία και τα αποθέματα των υπόγειων νερών

Στην λεκάνη της Βάρης, δεν υπάρχουν εγκατεστημένοι υδρομετεωρολογικοί σταθμοί. Τα στοιχεία προήλθαν από σταθμούς, εγκατεστημένους στην ευρύτερη περιοχή. Συγκεκριμένα πρόκειται για τους σταθμούς Ελληνικό, Μαρκόπουλο και Σπάτα, η θέση των σταθμών αυτών σε σχέση με την περιοχή της Βάρης φαίνεται στον χάρτη της εικόνας 5.1.



**Εικόνα 5.1:** Θέσεις υδρομετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή της Βάρης.

Πληροφορίες που αφορούν τους σταθμούς δίνονται παρακάτω:

➤ **Ελληνικό:** Ο σταθμός ανήκει στην ΕΜΥ, λειτουργεί από το 1962 έως σήμερα και περιλαμβάνει, βροχόμετρο (Βμ), βροχογράφο (Βγ), όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας του αέρα (Θα), της υγρασίας (Υα) και της ταχύτητας του ανέμου (Αμ), ανεμογράφο (Αγ), ηλιογράφο (Ηγ), βαρόμετρο (Βα).

➤ **Μαρκόπουλο:** Ο σταθμός ανήκει στο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, λειτουργεί από το 1962 έως σήμερα και περιλαμβάνει, βροχόμετρο (Βμ), όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας (Θα) του αέρα και της υγρασίας (Υα).

➤ **Σπάτα:** Ο σταθμός ανήκει στην ΕΜΥ, λειτουργεί από το 1970 έως σήμερα και περιλαμβάνει βροχόμετρο (Βμ), βροχογράφο (Βγ), καθώς και όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας του αέρα (Θα).

## 5.2 Κλίμα

Οι βασικοί παράγοντες, που επιδρούν στο κλίμα μιας περιοχής είναι η γεωγραφική της θέση, κυρίως όμως το γεωγραφικό πλάτος, η τοπογραφία, η βλάστηση, η γειτνίαση με τη θάλασσα και τέλος διάφοροι δυναμικοί παράγοντες. Από μετεωρολογική πλευρά, το έτος στον Ελληνικό χώρο, μπορεί να διαχωριστεί σε δύο εποχές, την ψυχρή (Οκτώβριος έως και Μάρτιος) και τη θερμή (Απρίλιος μέχρι και Σεπτέμβρης).

Οι δυναμικοί παράγοντες, που επιδρούν στον καιρό την ψυχρή περίοδο είναι οι υφέσεις, που προέρχονται κυρίως από τον Ατλαντικό ωκεανό αλλά και από την Μεσόγειο (φαινόμενα τοπικά), οι αντικυκλώνες της Σιβηρίας, της δυτικής Ρωσίας και της κεντρικής Ευρώπης, ο αντικυκλώνας των Αζόρων, ο οποίος προέρχεται από την Αφρική και δημιουργεί Νότιους έως Νοτιοδυτικούς ανέμους και οι κινητοί αντικυκλώνες που προέρχονται από την Β. Ευρώπη και την Σκανδιναβική χερσόνησο, οι οποίοι μεταφέρουν ψυχρές αέριες μάζες στη Μεσόγειο. Οι δυναμικοί παράγοντες, εναλλάσσονται ή συνυπάρχουν και σε συνδυασμό με το πολύπλοκο ανάγλυφο της Ελλάδας προκαλούν απότομες και συχνές μεταβολές στον καιρό στην ψυχρή εποχή. Κατά τους θερινούς μήνες οι δυναμικοί παράγοντες, που επηρεάζουν το κλίμα της Ελλάδας είναι ο αντικυκλώνας των Αζόρων, το κέντρο χαμηλών πιέσεων της Δυτικής Ινδίας



και οι αντικυκλώνες της Δυτικής Ρωσίας και Βορειοδυτικής Ευρώπης (Μαριολόπουλος Η., 1982).

Η Ελλάδα βρίσκεται στην ανατολική λεκάνη της Μεσογείου, ανήκει στην υποτροπική ζώνη, όπου απουσιάζει το ισχυρό ψύχος των περιοχών μεγαλύτερου γεωγραφικού πλάτους και των υψηλών θερμοκρασιών των τροπικών και ισημερινών περιοχών. Από κλιματολογική άποψη παρουσιάζει Μεσογειακό κλίμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από βροχές την ψυχρή περίοδο και ανομβρία, και υψηλές θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες. Η επίδραση όμως των δυναμικών παραγόντων, σε συνδυασμό με την πολυμορφία του αναγλύφου και την εναλλαγή ξηράς – θάλασσας, δημιουργεί ποικίλους κλιματικούς τύπους (Μαριολόπουλος Η., 1982).

Ο Μαριολόπουλος Η., 1938 – 1982, διαχωρίζει την Ελλάδα σε 4 κλιματικές περιοχές, α) την ορεινή, β) την περιοχή Βορείου Ελλάδας (ηπειρωτική), γ) την περιοχή του Ιονίου και δ) την περιοχή του Αιγαίου (χερσαία Μεσογειακή). Η περιοχή μελέτης, ανήκει στην τέταρτη κατηγορία, στην περιοχή του Αιγαίου. Χαρακτηρίζεται από έντονο ψύχος τους ψυχρούς μήνες, λόγω της ψυχρότητας των Βορείων ανέμων. Επιπλέον, το κλίμα της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι ξηρό και άγονο, γεγονός, που προσδίδει καθαρότητα και διαύγεια στην ατμόσφαιρα. Η ψυχρή εποχή είναι δριμύς, αλλά τη θερμή περίοδο λόγω της ξηρότητας του αέρα η θερμότητα είναι λιγότερο αισθητή.

Για την χερσόνησο της Αττικής (Μαριολόπουλος Η., 1956) το κλίμα είναι εύκρατο, που τείνει προς χερσαίο. Το κλίμα αυτό είναι αποτέλεσμα της γεωγραφικής θέσης της Αττικής, η οποία αποτελεί την ψυχρή εποχή το νότιο άκρο του Ασιατικού αντικυκλώνα, που καλύπτει τα Βαλκάνια, με ανέμους Βορείων διευθύνσεων, ηπειρωτικούς, ψυχρούς και ξηρούς οι οποίοι κάνουν το χειμώνα ξηρό και δριμύ και το κλίμα χερσαίο. Ανάλογα, κατά τη θερμή περίοδο, πνέουν ετήσιοι άνεμοι και η θερμοκρασία της ξηράς είναι αυξημένη σε σχέση με τη θερμοκρασία της θάλασσας, με αποτέλεσμα το κλίμα να είναι χερσαίο, ξηρό και θερμό. Επίσης η Αττική αποτελεί το Νοτιότερο άκρο των οροσειρών που διευθύνονται ΒΒΔ και ΝΝΑ και χωρίζουν την Ελλάδα σε δύο μέρη, βρίσκεται όμως στο ανατολικό κομμάτι, οπότε δεν ευνοείται από τους υγρούς και Νότιας διεύθυνσης ανέμους που πνέουν στο Δυτικό τμήμα της Ελλάδας, για αυτό και αποτελεί μια από τις ιδιαίτερα άνομβρες περιοχές της Ελλάδας (Μαριολόπουλος Η., 1982).

Ο Καρράς το 1973 έκανε μια ταξινόμηση του Ελλαδικού χώρου κατά Thornthwaite. Η κλιματική ταξινόμηση αυτή βασίζεται στις εξής παραμέτρους:

- Στον δείκτη υγρασίας
- Στην εποχιακή μεταβολή της ενεργούς υγρασίας
- Στο συντελεστή θερμικής δραστηριότητας
- Στο ποσοστό θερμικής δραστηριότητας κατά τους θερινούς μήνες

Η Νότια Αττική ανήκει στην κατηγορία 28: DdB3 'b4' κατά Thornthwaite. Πρόκειται δηλαδή για ημίξηρο κλίμα, με μικρό πλεόνασμα σε νερό κατά τους χειμερινούς μήνες, ανήκει στο μεσόθερμο τύπο B3', με δυνητική εξατμισοδιαπνοή από 855 έως 997 mm. Η θερμική δραστηριότητα παρουσιάζει απόκλιση από την αναμενόμενη τιμή, που θα έπρεπε να είναι b3', γεγονός που δικαιολογείται, από την γεινίαση με την θάλασσα, η οποία επηρεάζει τη διαμόρφωση του θερμικού του χαρακτήρα.

Σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση κατά Korpen, η περιοχή της Νότιας Αττικής ανήκει στον τύπο Csa. Πρόκειται για υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες, που επικρατεί στις Ανατολικές και Δυτικές περιοχές των ηπείρων μεταξύ γεωγραφικών πλατών  $25^{\circ} - 40^{\circ}$ . Χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες, και αρκετή βροχή, ενώ η θερμή και ψυχρή περίοδος είναι διαχωρισμένες.

### **5.3 Θερμοκρασία αέρα**

Μετρήσεις θερμοκρασίας ελήφθησαν από τους σταθμούς Ελληνικό για τη χρονική περίοδο 1955–2004, Μαρκόπουλο για την περίοδο 1971–2009 και Σπάτα 1974-2003, (Αγγελακοπούλου Π., 2011). Τα πρωτογενή μηνιαία και ετήσια δεδομένα θερμοκρασίας δίνονται, με τη μορφή πινάκων στο Παράρτημα I (κεφαλαίο1: Υδρομετεωρολογικά δεδομένα, στους πίνακες 1,2,3), για τους σταθμούς Ελληνικό, Μαρκόπουλο και Σπάτα.

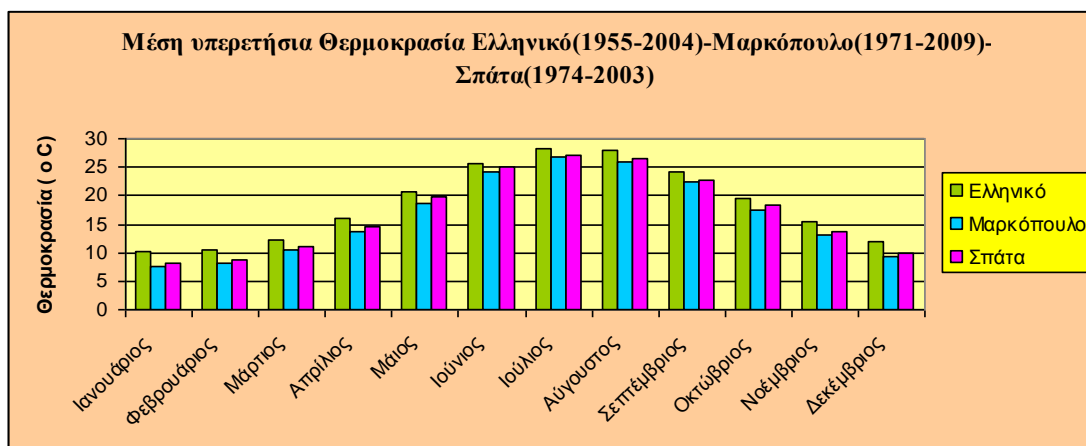
Στον πίνακα 5.1 δίνονται οι τιμές της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης υπερετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών Ελληνικού (υδρολογικά έτη 1955-2004), Μαρκόπουλο (υδρολογικά έτη 1971-2009) και Σπάτων (1974-2003). Στα σχήματα 5.1, 5.2, 5.3 παρουσιάζεται μια συνολική εικόνα των παραπάνω παραμέτρων.

Σταθμός/Έτη	Ελληνικό (1955-2004)			Μαρκόπουλο (1971-2009)			Σπάτα (1974-2003)		
	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη
Ιανουάριος	10,3	13,3	7,8	7,7	10,1	4,7	8,3	11,2	6,3
Φεβρουάριος	10,6	14,2	6,5	8,1	12,2	4,0	8,8	13,1	5,3
Μάρτιος	12,3	16,0	8,5	10,5	14,0	6,0	11,2	16,8	8,3
Απρίλιος	16,0	18,4	13,1	13,8	17,8	9,6	14,7	17,8	11,5
Μάιος	20,8	23,4	18,6	18,6	22,0	11,8	19,7	22,9	17,4
Ιούνιος	25,5	28,1	23,3	24,2	29,6	19,5	25,1	27,2	22,1
Ιούλιος	28,2	30,2	26,4	26,7	29,9	24,0	27,2	29,4	24,9
Αύγουστος	28,0	30,0	25,1	25,9	29,3	21,7	26,5	28,3	22,4
Σεπτέμβριος	24,3	27,4	22,2	22,3	19,1	18,5	22,8	24,8	19,8
Οκτώβριος	19,6	22,9	17,0	17,5	21,8	12,5	18,4	20,7	16,1
Νοέμβριος	15,5	18,1	12,3	13,0	16,7	9,3	13,7	18,0	10,1
Δεκέμβριος	11,9	15,3	7,6	9,2	14,2	4,7	9,9	13,6	5,4

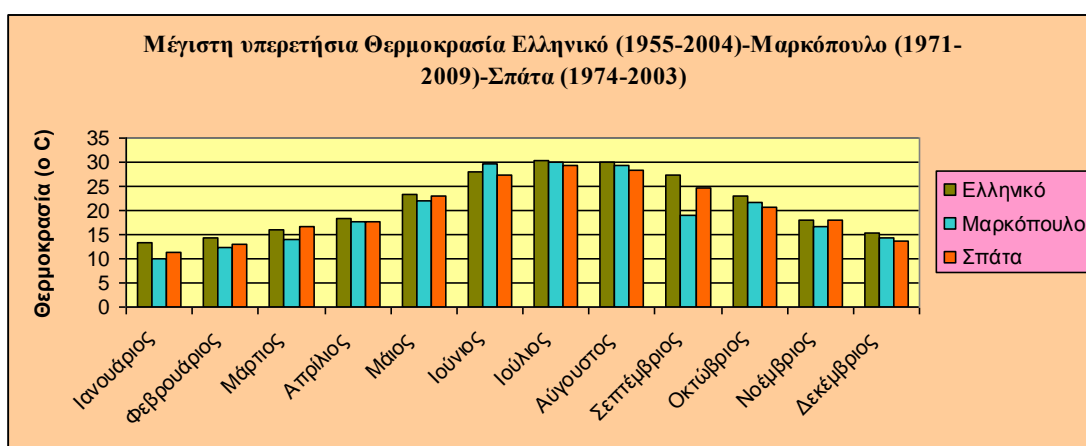
**Πίνακας 5.1:** Μέσες, Μέγιστες & Ελάχιστες υπερετήσιες τιμές της θερμοκρασίας από τους σταθμούς Ελληνικό, Μαρκόπουλο και Σπάτα.

Από τα δεδομένα του πίνακα προκύπτουν τα εξής:

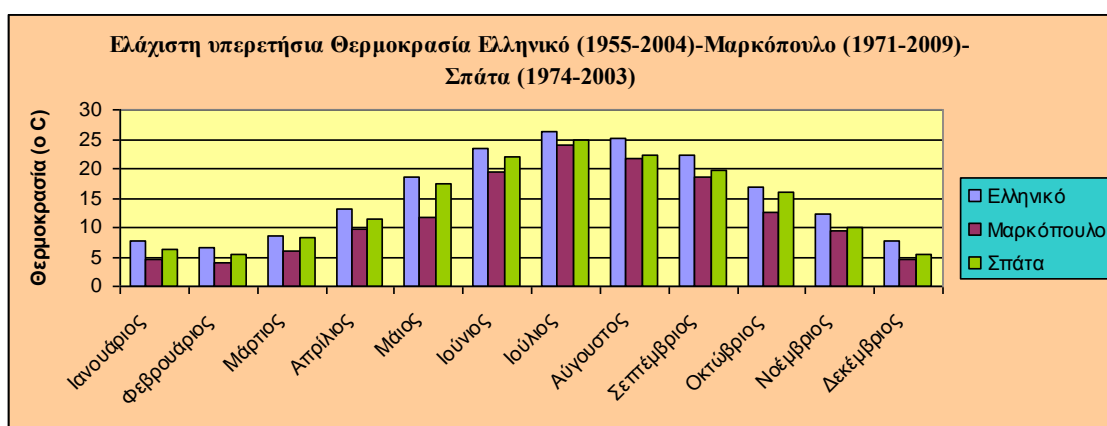
- Η μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία, με τιμή 30,2 ° C, 29,9 ° C και 29,4 ° C καταγράφηκε το μήνα Ιούλιο, αντίστοιχα στους σταθμούς Ελληνικό, Μαρκόπουλο και Σπάτα.
- Ο Ιανουάριος και Φεβρουάριος είναι οι ψυχρότεροι μήνες του έτους, ενώ ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος και δεύτερος θερμότερος ο Αύγουστος.
- Οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας καταγράφηκαν στον σταθμό του Ελληνικού.
- Η χαμηλότερη τιμή θερμοκρασίας, που καταγράφηκε και στους τρεις σταθμούς είναι το μήνα Φεβρουάριο. Συγκεκριμένα για τον σταθμό του Ελληνικού, η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 6,5° C, στο Μαρκόπουλο 4 ° C και στα Σπάτα 5,3 ° C.



**Σχήμα 5.1:** Μέσες υπερετήσιες θερμοκρασίες των σταθμών Ελληνικό (1955-2004), Μαρκόπουλο (1971-2009) και Σπάτα (1974-2003).



**Σχήμα 5.2:** Μέγιστες υπερετήσιες θερμοκρασίες των σταθμών Ελληνικό (1955-2004), Μαρκόπουλο (1971-2009) και Σπάτα (1974-2003).



**Σχήμα 5.3:** Ελάχιστες υπερετήσιες θερμοκρασίες των σταθμών Ελληνικό (1955-2004), Μαρκόπουλο (1971-2009) & Σπάτα (1974-2003).

Η κατανομή της θερμοκρασίας, είναι κανονική και η αναμενόμενη σύμφωνα με το κλίμα της περιοχής, με μέγιστη τιμή το καλοκαίρι (Ιούλιος) και ελάχιστη το χειμώνα (Ιανουάριος Φεβρουάριος), για την περίοδο του δείγματος.

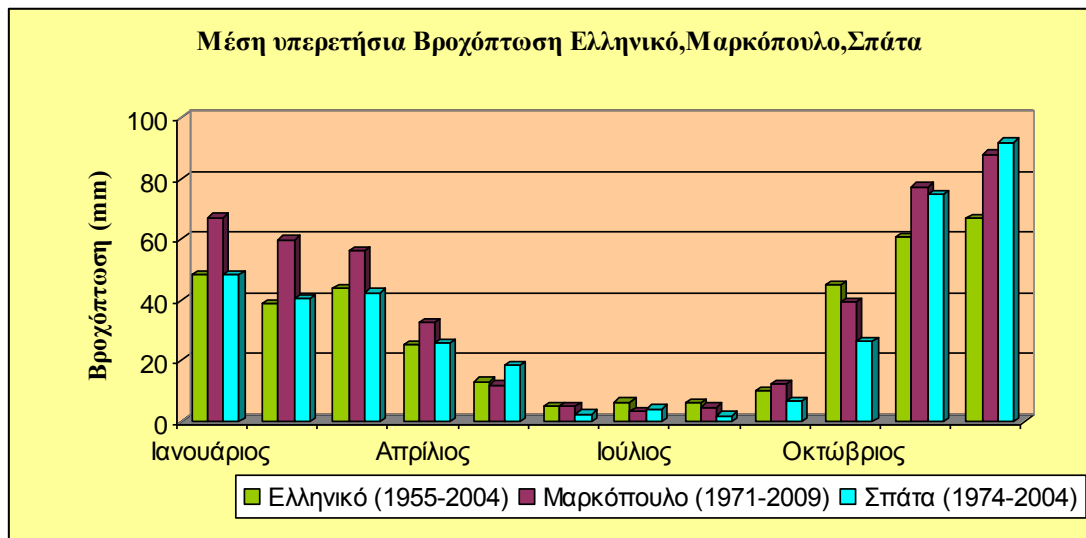
#### 5.4 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Για την μελέτη των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, χρησιμοποιήθηκαν τα μηνιαία ύψη βροχής από τους σταθμούς: Ελληνικό (1955-2004), Μαρκόπουλο (1971-2009) και Σπάτα (1974-2004), (Αγγελακοπούλου Π., 2011). Μέσα στην λεκάνη της Βάρης, δεν υπάρχει εγκατεστημένος υδρομετεωρολογικός σταθμός.

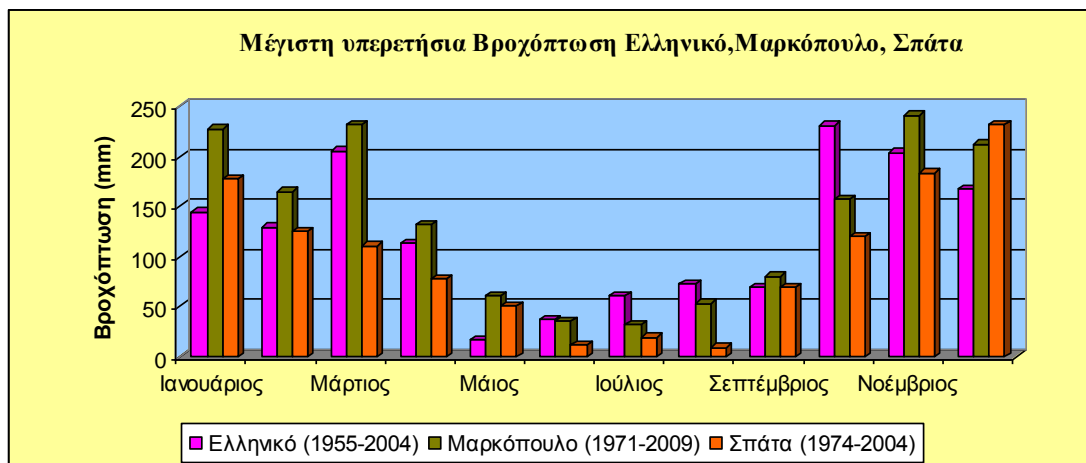
Στον πίνακα 5.2 και στα σχήματα 5.4, 5.5 και 5.6 παρουσιάζονται οι μέσες, μέγιστες και ελάχιστες υπερετήσιες τιμές της βροχόπτωσης, στους τρεις σταθμούς, για τη χρονική περίοδο λειτουργίας του κάθε σταθμού.

Σταθμός/Ετη	Ελληνικό (1955-2004)			Μαρκόπουλο (1971-2009)			Σπάτα (1974-2004)		
	Μέση (mm)	Μέγιστη (mm)	Ελάχιστη (mm)	Μέση (mm)	Μέγιστη (mm)	Ελάχιστη (mm)	Μέση (mm)	Μέγιστη (mm)	Ελάχιστη (mm)
Ιανουάριος	48,4	144,6	2,4	67,2	227,0	0,0	48,2	177,4	3,0
Φεβρουάριος	38,6	129,3	0,0	59,8	164,4	0,0	40,4	125,2	3,9
Μάρτιος	43,7	205,3	0,7	56,1	231,7	0,0	42,5	110,6	0,0
Απρίλιος	25,3	112,7	0,9	32,7	131,9	0,0	25,9	78,00	0,8
Μάιος	13,2	17,0	0,0	12,0	60,7	0,0	18,6	50,3	0,0
Ιούνιος	5,2	37,1	0,0	5,1	35,8	0,0	2,5	11,5	0,0
Ιούλιος	6,4	60,7	0,0	3,5	32,5	0,0	4,3	19,6	0,0
Αύγουστος	6,2	73,0	0,0	4,8	53,1	0,0	2,0	9,3	0,0
Σεπτέμβριος	10,3	69,4	0,0	12,2	80,0	0,0	6,8	69,2	0,0
Οκτώβριος	45,0	230,6	0,0	39,4	156,8	0,0	26,3	120,4	0,0
Νοέμβριος	60,8	203,2	5,9	77,3	240,6	7,6	74,7	183,5	12,6
Δεκέμβριος	66,8	166,9	4,6	88,0	212,2	16,1	91,8	231,80	28,3

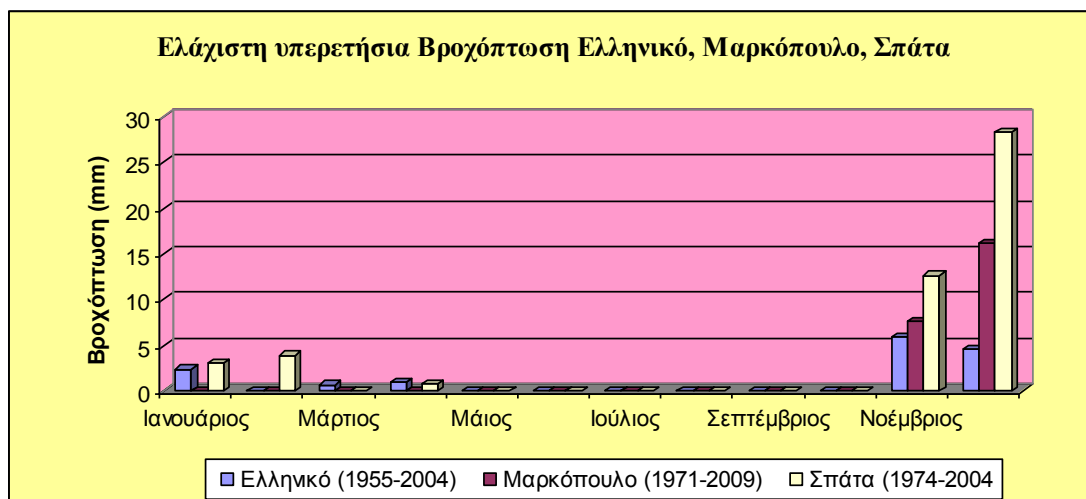
**Πίνακας 5.2:** Μέσες, Μέγιστες & Ελάχιστες υπερετήσιες τιμές της Βροχόπτωσης από τους σταθμούς Ελληνικό, Μαρκόπουλο και Σπάτα.



**Σχήμα 5.4:** Μέση υπερετήσια βροχόπτωση των σταθμών Ελληνικό (1955-2004), Μαρκόπουλο (1971-2009) και Σπάτα (1974-2004).



**Σχήμα 5.5:** Μέγιστη υπερετήσια βροχόπτωση των σταθμών Ελληνικό (1955-2004), Μαρκόπουλο (1971-2009) και Σπάτα (1974-2004).



**Σχήμα 5.6:** Ελάχιστη υπερετήσια βροχόπτωση των σταθμών Ελληνικό (1955-2004), Μαρκόπουλο (1971-2009) και Σπάτα (1974-2004).

Από τον πίνακα 5.2 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Για τον σταθμό Ελληνικό: η υψηλότερη μέση υπερετήσια βροχόπτωση είναι τον μήνα Δεκέμβριο με 66,8 mm, η υψηλότερη μέγιστη υπερετήσια είναι τον μήνα Οκτώβριο με 230,6 mm και η υψηλότερη ελάχιστη υπερετήσια είναι το μήνα Νοέμβριο με 5,8 mm.
- Για τον σταθμό Μαρκόπουλο: η υψηλότερη μέση και ελάχιστη υπερετήσια βροχόπτωση είναι το μήνα Δεκέμβριο με 88 mm και 16,1 mm αντίστοιχα ενώ η υψηλότερη μέγιστη υπερετήσια είναι τον μήνα Νοέμβριο με 240,6 mm.
- Για τον σταθμό Σπάτα: η υψηλότερη μέση, μέγιστη και ελάχιστη υπερετήσια βροχόπτωση είναι το μήνα Δεκέμβριο με 91,8 mm, 231,8 mm και 28,3 mm, αντίστοιχα.
- Ο πιο βροχερός μήνας και για τους τρεις σταθμούς, όσον αφορά τις μέσες υπερετήσιες τιμές (σχήμα 5.4), είναι ο Δεκέμβριος, ενώ οι ελάχιστες τιμές βροχόπτωσης σημειώνονται για τον μήνα Ιούνιο στον σταθμό του Ελληνικού, για τον μήνα Ιούλιο στο σταθμό του Μαρκόπουλου και για τον μήνα Αύγουστο στον σταθμό Σπάτων.

Πρωτογενή μηνιαία και ετήσια δεδομένα ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, δίδονται με τη μορφή πινάκων στο Παράρτημα I: (κεφάλαιο 2: Υδρομετεωρολογικά δεδομένα, στους πίνακες 4,5, &6) για τους σταθμούς Ελληνικό, Μαρκόπουλο και Σπάτα.

## 5.5 Ατμοσφαιρική Πίεση

Ατμοσφαιρική ή βαρομετρική πίεση, λέγεται η δύναμη (πίεση), που ασκείται από το «βάρος» της ατμόσφαιρας στη μονάδα επιφάνειας του εδάφους (Τσακίρης, 1955). Η παράμετρος αυτή είναι έμμεσα σημαντική στο υδρολογικό ισοζύγιο, επειδή επηρεάζει διάφορες παραμέτρους που συνδέονται με την εξάτμιση.

Τα στοιχεία της ατμοσφαιρικής πίεσης, δίνονται στον πίνακα 5.3, που ακολουθεί για τους σταθμούς Ελληνικό (1955-1997) και Σπάτα (1974-1996) (Μποσινάκου Π., 2002). Παρατηρείται ότι, οι μέγιστες τιμές της πίεσης στο σταθμό του Ελληνικού καταγράφονται το Νοέμβριο και στα Σπάτα τον Ιανουάριο, ενώ οι ελάχιστες τιμές καταγράφονται και στους δύο σταθμούς τον Ιούλιο.

Σταθμός/Έτη	Ελληνικό (1955-1997)	Σπάτα (1974-1996)
	Πίεση (mb)	
Ιανουάριος	1017.8	1019.3
Φεβρουάριος	1016.6	1017.6
Μάρτιος	1015.6	1015.8
Απρίλιος	1013.4	1013.3
Μάιος	1013.8	1013.0
Ιούνιος	1012.9	1012.4
Ιούλιος	1011.7	1011.4
Αύγουστος	1012.2	1012.0
Σεπτέμβριος	1015.3	1014.5
Οκτώβριος	1017.7	1017.2
Νοέμβριος	1018.0	1018.5
Δεκέμβριος	1017.2	1018.6

**Πίνακας 5.3:** Τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης για τους σταθμούς Ελληνικό και Σπάτα.

## 5.6 Υγρασία της Ατμόσφαιρας

Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας, είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία των νεφών και των κατακρημνισμάτων, και επηρεάζουν τη διαπνοή και εξάτμιση από τα φυτά. Η ποσότητα των υδρατμών, που περιέχονται στην ατμόσφαιρα εξαρτάται, από τη θερμοκρασία και μειώνεται, με το υψόμετρο ακολουθώντας το ρυθμό ελάττωσης της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας (Τσακίρης, 1995).

Η υγρασία μεταβάλλεται με το γεωγραφικό πλάτος, είναι μεγαλύτερη στις περιοχές κοντά στον Ισημερινό και μικρότερη κοντά στους Πόλους (Τσακίρης, 1995). Η παρουσία των υδρατμών στην ατμόσφαιρα, εκφράζεται, με αναφορά στην πυκνότητα τους (μάζα υδρατμών ανά μονάδα όγκου αέρα), δηλαδή την απόλυτη υγρασία είτε στη μερική τους πίεση. Η πιο διαδεδομένη έκφραση της υγρασίας, είναι η σχετική υγρασία και ορίζεται ως ο λόγος της πραγματικής τάσης υδρατμών  $e$ , προς την τάση κορεσμού  $e^*$ . Η σχετική υγρασία υποδεικνύει πόσο κοντά σε κορεσμό βρίσκεται ο αέρας (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος., 1999).



Δεδομένα σχετικής υγρασίας (%), δίνονται για τους σταθμούς Ελληνικό (1955-1998) και Σπάτα (1974-1997), (από Μποσινάκου Π., 2002) στον πίνακα 5.4 που ακολουθεί. Έτσι παρατηρείται, ότι ο υγρότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος και ακολουθεί ο Νοέμβριος, ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος. Αντίστοιχα ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος και ακολουθεί ο Αύγουστος και ο Ιούνιος.

Σταθμός/Ετη	Ελληνικό (1955-1997)	Σπάτα (1974-1996)
	Σχετική υγρασία (%)	
Ιανουάριος	68,8	69,7
Φεβρουάριος	68,0	69,7
Μάρτιος	65,9	67,3
Απρίλιος	62,6	62,7
Μάιος	59,0	57,2
Ιούνιος	52,8	49,8
Ιούλιος	46,9	46,2
Αύγουστος	47,0	49,9
Σεπτέμβριος	53,5	56,1
Οκτώβριος	62,1	65,6
Νοέμβριος	68,6	71,7
Δεκέμβριος	70,1	72,2

**Πίνακας 5.4:** Τιμές σχετικής υγρασίας για τους σταθμούς Ελληνικό και Σπάτα, όπου με μπλε χρώμα είναι οι υγρότεροι μήνες ενώ με κόκκινο οι ξηρότεροι.

### 5.7 Ηλιοφάνεια και Νέφωση

Η διάρκεια της ηλιοφάνειας, παίζει καθοριστικό ρόλο στο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην γήινη επιφάνεια. Σχετικό μέγεθος με την ηλιοφάνεια είναι η νέφωση ή νεφοκάλυψη, που εκφράζει ποσοτικά το μέρος του ουράνιου θόλου, που είναι καλυμμένο, με σύννεφα (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999).

Η νέφωση εκφράζεται σε όγδοα και συνδέεται με την ηλιοφάνεια με την εξίσωση  $n/N=1-c$ , όπου το  $n/N$  είναι η διάρκεια της ηλιοφάνειας προς τη διάρκεια ημέρας και  $c$  η μέση ημερήσια νέφωση (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος., 1999).

Τα δεδομένα της νέφωσης δίνονται στον πίνακα 5.5, που ακολουθεί για τους σταθμούς Ελληνικό (1955-1997) και Σπάτα (1974-1996) (από Μποσινάκου Π., 2002). Όπως είναι αναμενόμενο οι μέγιστες τιμές της νέφωσης αναμένονται τους χειμερινούς μήνες και συγκεκριμένα το Φεβρουάριο και Ιανουάριο και στους δύο σταθμούς, ενώ οι ελάχιστες τιμές καταγράφηκαν τον Αύγουστο.

Σταθμός/Ετη	Ελληνικό (1955-1997)	Σπάτα (1974-1996)
	Μέση Νέφωση	
Ιανουάριος	4,8	4,6
Φεβρουάριος	4,8	4,9
Μάρτιος	4,5	4,4
Απρίλιος	4,1	3,9
Μάιος	3,4	3,1
Ιούνιος	2,1	1,9
Ιούλιος	1,1	1,1
Αύγουστος	1,0	0,9
Σεπτέμβριος	1,9	1,4
Οκτώβριος	3,5	3,2
Νοέμβριος	4,4	4,5
Δεκέμβριος	4,7	4,6

**Πίνακας 5.5:** Τιμές μέσης νέφωσης για τους σταθμούς Ελληνικό και Σπάτα, όπου με κόκκινο χρώμα είναι μέγιστες τιμές ενώ με μωβ οι ελάχιστες.

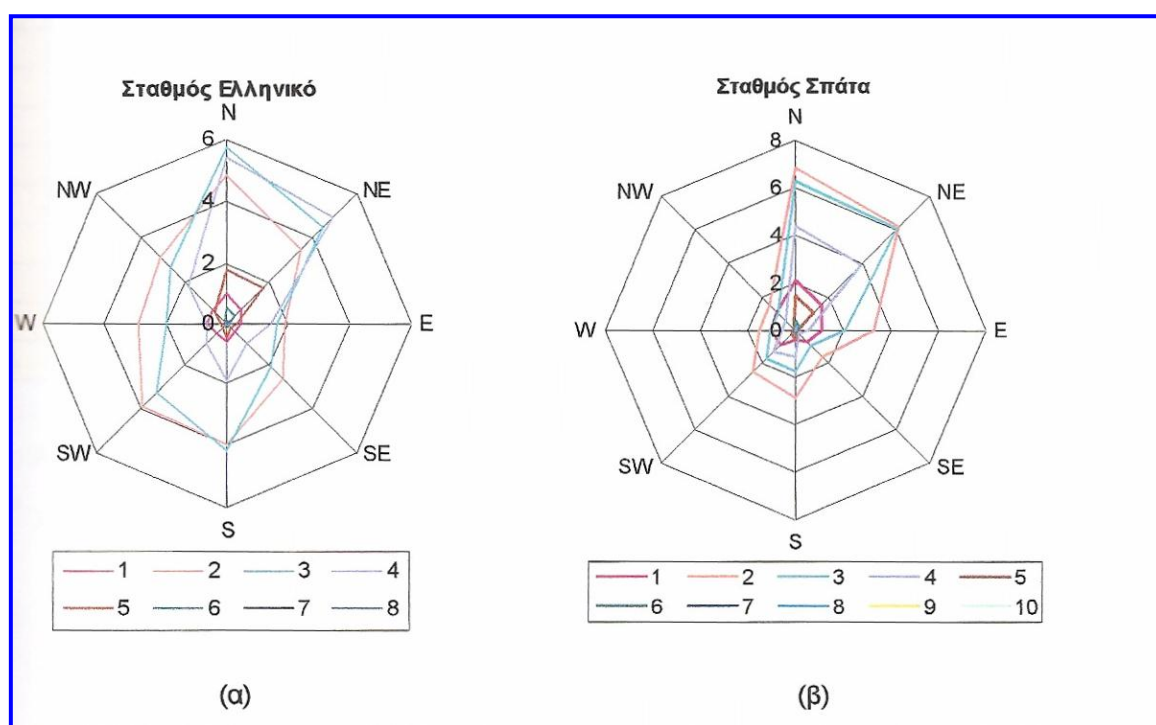
## 5.8 Άνεμοι

Άνεμος καλείται κάθε κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα κατά την οριζόντια έννοια. Εκτός όμως από την οριζόντια κίνηση υπάρχουν και κατακόρυφες κινήσεις του ατμοσφαιρικού αέρα, ανοδικές ή καθοδικές, που παράγουν αντίστοιχα ανοδικούς και καθοδικούς ανέμους. Η κίνηση

των ανέμων, οφείλεται στη δύναμη Coriolis που αναπτύσσεται εξαιτίας της περιστροφής της γης γύρω από τον άξονα της, στη δύναμη τριβής με την επιφάνεια του εδάφους, στη διαφορά πιέσεων μεταξύ δύο περιοχών κ.λ.π (Τσακίρης, 1995).

Οι άνεμοι επηρεάζουν την εξάτμιση του νερού, από την επιφάνεια του εδάφους, με αποτέλεσμα να συμβάλλουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση του υδρολογικού ισοζυγίου. Συνήθως ο άνεμος προσδιορίζεται από τη διεύθυνση ή κατεύθυνση και τη ταχύτητα του ή ένταση του.

Στο σχήμα 5.7 (α) και (β) και στους πίνακες 5.6 και 5.7 παρουσιάζεται η ετήσια συχνότητα (%) της διεύθυνσης και έντασης των ανέμων σε κλίμακα Beaufort.



**Σχήμα 5.7 :** Αραχνοειδή διαγράμματα με την ετήσια συχνότητα (%) της διεύθυνσης του ανέμου και της έντασης του σε κλίμακα Beaufort., από παρατηρήσεις στις 06 H, 12 H και 18 H, (α) στο σταθμό Ελληνικού για την περίοδο 1955-1998 και (β) στο σταθμό Σπάτα για την περίοδο 1974-1997 (Μποσινάκου Π., 2002).

Ένταση	Διεύθυνση									Σύνολο	
	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	BA	ΝΗΝΕΜΙΑ		
0										18,109	18,109
1	0,953	0,668	0,482	1,362	0,603	0,482	0,646	0,635			4,831
2	4,820	3,396	1,917	2,607	3,966	3,856	2,859	3,013			26,434
3	5,752	4,404	1,632	1,994	4,174	3,232	1,972	2,531			25,691
4	5,390	4,875	1,435	0,920	1,873	0,909	0,668	1,775			17,845
5	1,775	1,687	0,296	0,208	0,471	0,186	0,282	0,548			5,379
6	0,493	0,416	0,088	0,044	0,110	0,055	0,066	0,153			1,425
7	0,077	0,050	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,022			0,209
8	0,022	0,011	0,011	0,000	0,011	0,011	0,000	0,011			0,077
Σύνολο	19,282	15,512	5,872	6,146	11,219	8,742	6,430	8,688		18,109	100,00

**Πίνακας 5.6:** Ετήσια συχνότητα (%) της διεύθυνσης του ανέμου κα της έντασης του σε κλίμακα Beaufort, από παρατηρήσεις στις 06 H, 12 H κα 18 H στο σταθμό Ελληνικού (1955-1998),(Μποσινάκου ,2002, πηγή Ε.Μ.Υ).

Ένταση	Διεύθυνση									Σύνολο	
	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	BA	ΝΗΝΕΜΙΑ		
0										26,178	26,178
1	2,101	1,529	1,117	0,692	0,399	0,864	1,037	1,117			8,856
2	6,836	6,171	3,285	1,596	2,886	2,540	1,503	1,516			26,333
3	6,277	6,038	2,075	0,931	1,769	1,702	1,051	1,024			20,867
4	4,389	3,897	0,545	0,186	1,144	1,303	0,559	0,559			12,582
5	1,463	1,064	0,093	0,027	0,372	0,253	0,133	0,120			3,525
6	0,386	0,253	0,013	0,027	0,146	0,080	0,040	0,066			1,011
7	0,053	0,093	0,000	0,013	0,066	0,053	0,027	0,013			0,318
8	0,120	0,040	0,013	0,013	0,040	0,013	0,013	0,013			0,265
9	0,013	0,000	0,013	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000			0,039
10	0,013	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			0,026
Σύνολο	21,651	19,098	7,154	3,485	6,835	6,808	4,363	4,428		16,178	100,00

**Πίνακας 5.7:** Ετήσια συχνότητα (%) της διεύθυνσης του ανέμου κα της έντασης του σε κλίμακα Beaufort, από παρατηρήσεις στις 06 H, 12 H κα 18 H στο σταθμό Σπάτα (1974-1997), (Μποσινάκου ,2002, πηγή Ε.Μ.Υ).

Συμπερασματικά από τα παραπάνω διαγράμματα και πίνακες προκύπτουν τα εξής:

➤ Οι άνεμοι, που επικρατούν και στους δύο σταθμούς έχουν Β-ΒΑ διεύθυνση και ένταση περίπου 6 Beaufort. Στο Ελληνικό αναπτύσσεται μια δευτερεύουσα διεύθυνση με Ν-ΝΔ ανέμους, έντασης 4 Beaufort.

➤ Σημαντικό είναι το ποσοστό της συχνότητας εμφάνισης της νηνεμίας.

- Οι πιο συχνές εντάσεις ανέμων που πνέουν στην περιοχή είναι των 2,3 και 4 beaufort.
- Στο Ελληνικό, η μέγιστη ένταση πνοής των ανέμων είναι 8 beaufort χωρίς συγκεκριμένη διεύθυνση και με μικρή συχνότητα εμφάνισης, ενώ στα Σπάτα η μέγιστη ένταση πνοής είναι 10 beaufort για ανέμους με διεύθυνση Β-ΒΑ και επίσης με πολύ μικρή συχνότητα εμφάνισης.

Στον πίνακα 5.8 που ακολουθεί, δίνονται οι κυρίαρχοι άνεμοι, που επικρατούν στους σταθμούς Ελληνικό (1955-1997) και Σπάτα (1974-1996) αντίστοιχα. Η επικρατέστερη διεύθυνση των ανέμων και στου δύο σταθμούς είναι η βόρεια. Δευτερεύουσα για το σταθμό του Ελληνικού και για τους μήνες Απρίλιο – Ιούνιο είναι η Νότια διεύθυνση των ανέμων, ενώ για το σταθμό των Σπάτων και για τους μήνες Μάιο-Ιούλιο η ΒΑ διεύθυνση των ανέμων.

Σταθμός/Ετη	Ελληνικό (1955-1997)	Σπάτα (1974-1996)
	Κυρίαρχοι άνεμοι	
Ιανουάριος	B	B
Φεβρουάριος	B	B
Μάρτιος	B	B
Απρίλιος	N	B
Μάιος	N	BA
Ιούνιος	N	BA
Ιούλιος	B	BA
Αύγουστος	B	B
Σεπτέμβριος	B	B
Οκτώβριος	B	B
Νοέμβριος	B	B
Δεκέμβριος	B	B

**Πίνακας 5.8:** Διευθύνσεις κυρίαρχων ανέμων για τους σταθμούς Ελληνικό και Σπάτα (Μποσινάκου, 2002 πηγή Ε.Μ.Υ).

## 5.9 Εκτίμηση Υδρολογικού Ισοζυγίου

Τα βασικά στοιχεία για την εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου μιας λεκάνης, είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή, η απορροή καθώς και οι απολήψεις του νερού, επιφανειακές και υπόγειες. Μια απλή μαθηματική έκφραση, που συνδέει τις παραμέτρους του υδρολογικού ισοζυγίου είναι η εξής:

$$P = R + E + I \pm \Delta V$$

όπου **P**: ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, **R**: επιφανειακή απορροή, **E**: πραγματική εξατμισοδιαπνοή και **I**: κατείδυση και  $\Delta V$  τα ρυθμιστικά αποθέματα (τα οποία ο υπολογισμός τους δεν ήταν εφικτός).

Για τον υπολογισμό των παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου ακολουθείται η πλήρης παρακάτω διαδικασία:

Η χρονοσειρά του Μαρκόπουλου, εμφανίζεται πλήρης για μια διάρκεια περίπου 38 έτη. Οι χρονοσειρές του Ελληνικού και των Σπάτων, δεν λήφθηκαν υπόψη στον προσδιορισμό του υδατικού ισοζυγίου εξαιτίας των σημαντικών ελλειπουσών τιμών στις χρονοσειρές.

Για τον λόγο αυτό, ο υπολογισμός της βροχόπτωσης, έγινε με τη βοήθεια του μετεωρολογικού σταθμού του Μαρκόπουλου, ο οποίος δίνει μια τιμή για το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ίση με 458,1 mm (ή  $458,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ), που πολλαπλασιαζόμενο με την έκταση της λεκάνης ( $320,9 \cdot 10^5 \text{ m}^2$ ) δίνει όγκο βροχών ίσο με  $14,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Ένα σημαντικό ποσοστό των κατακρημνισμάτων, που πέφτουν πάνω στην επιφάνεια της γης, επιστρέφει πίσω στην ατμόσφαιρα με τις διεργασίες της εξάτμισης και της διαπνοής και με κατανάλωση ενέργειας.

Ο Turc 1954 (Καλλέργης., 2002) πρότεινε μια σχέση για την υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με την βοήθεια της μέσης θερμοκρασίας και του μέσου ετήσιου ύψους βροχής, σύμφωνα με την οποία  $E = P / (0,9 + P^2/L^2)^{1/2}$ . όπου **E**: πραγματική εξατμισοδιαπνοή, **P**: μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε mm, **L**:  $300 + 25T + 0,05T^3$  και **T**: μέση θερμοκρασία του αέρα σε °C. Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε, ότι αντί για την μέση θερμοκρασία χρησιμοποιήθηκε η διορθωμένη θερμοκρασία  $T_{\Delta}$ , η οποία δίνεται από την σχέση  $T_{\Delta} = (P_1 T_1 + P_2 T_2 + \dots + P_{12} T_{12}) / (P_1 + P_2 + \dots + P_{12})$  όπου  $P_1, P_2, \dots, P_{12}$  είναι τα ύψη των κατακρημνισμάτων

σε κάθε ένα από τους 12 μήνες ενώ  $T_1, T_2, \dots, T_{12}$  η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία του αέρα (Σούλιος, 1986). Η μέση μηνιαία θερμοκρασία υπολογίστηκε για την λεκάνη της Βάρης, με βάση τις μέσες υπερετήσεις μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας στο σταθμό Μαρκόπουλο. Στον πίνακα 5.9 απεικονίζεται ο υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, με την μέθοδο του Turc.

**Πίνακας 5.9 :** Υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο του Turc.

	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Σ/Μ.Ο.
<b>P (mm)</b>	67,2	59,8	56,1	32,7	12,0	5,1	3,5	4,8	12,2	39,4	77,3	88,0	458,1
<b>T °C</b>	7,7	8,1	10,5	13,8	18,6	24,2	26,7	25,9	22,3	17,5	13,0	9,2	16,5
<b>T<sub>(διορθ.)</sub></b>	11,75	<b>L<sub>(διορθ.)</sub></b>	674,75	<b>E<sub>(διορθ.)</sub></b>	392,68	<b>T</b>	16,46	<b>L</b>	934,68	<b>E</b>	429,00		

Από τον προηγούμενο πίνακα προκύπτει ότι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι ίση με 392,68 mm για διορθωμένη θερμοκρασία 11,75° C.

Μια άλλη μέθοδος, για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής είναι μέσω της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Επίσης με τη μέθοδο αυτή, που θα περιγραφεί παρακάτω, υπολογίζεται και η επιφανειακή απορροή. Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε με τη μέθοδο Thornthwaite. Η μέθοδος υπολογισμού της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής PE βασίζεται στις σχέσεις :

$PE=(PE)_X * \text{διορθωτικός συντελεστής αριθμού ωρών ημέρας.}$ , όπου PE η διορθωμένη τιμή (mm/μήνα) &  $(PE)_X$  η μέση τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (η οποία υπολογίζεται  $(PE)_X = 16 * (10 * t_i / J)^a$ , mm/μήνα,  $a=0,016 * J + 0,5$  όπου  $t_i$  η μέση μηνιαία θερμοκρασία °C & J ο μηνιαίος δείκτης θερμότητας που είναι ίσος με  $0,09 * t_i^{3/2}$ ). Έτσι λοιπόν προκύπτει ότι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι 882,73 mm (όπως φαίνεται στον πίνακα 5.12).

Πιο συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής αλλά και της επιφανειακής απορροής χρησιμοποιείται η εξής διαδικασία:

Αν  $(P-PE)t > 0 \Rightarrow AE=PE$  &  $S=(P-PE) - |\Delta St|$ ,  $St=S_{max}$  : ικανότητα κατακράτησης ύδατος του εδάφους που καθορίζεται στη αρχή των υπολογισμών εμπειρικά ως συνάρτηση του είδους του εδάφους και της φυτοκάλυψης.

Αν  $(P-PE)_t < 0 \Rightarrow AE=P+ \Delta St$  &  $D=PE-AE$ ,  $St=St-1 + (P-PE)_t$  και συνεχίζουμε και στους επόμενους μήνες μέχρι  $St=S_{max}$  &  $St = f (St, \Sigma(P-PE)_t = APWL =$  συσσωρευμένη δυνητική απώλεια ύδατος).

Όπου P:Βροχόπτωση, PE:Δυνητική εξατμισοδιαπνοή, AE:Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή, S :Πλεόνασμα Υγρασίας, D:Έλλειμμα Υγρασίας,  $\Delta St$ :Μεταβολή Εδαφικής Υγρασίας (αποθηκευμένου ύδατος).

Με αρχική τιμή για το  $S_{max}=110$  mm προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες 5.10, 5.11 & 5.12.

**Πίνακας 5.10:** Στοιχεία μετεωρολογικού σταθμού.

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
<b>P (mm)</b>	67,2	59,8	56,1	32,7	12,0	5,1	3,5	4,8	12,2	39,4	77,3	88,0
<b>T °C</b>	7,7	8,1	10,5	13,8	18,6	24,2	26,7	25,9	22,3	17,5	13,0	9,2
<b>Ημέρες</b>	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>η,(συντελεστής διόρθωσης)</b>	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80



Πίνακας 5.11:Υπολογισμός των παραμέτρων κατά Thornthwaite.

Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite				$S_{max} =$	110	$\alpha =$	1,736	Συντ. Πρ. εξατμησης. κατά Thornthwaite 70,6 <sup>ο</sup> / <sub>ο</sub>				
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
T °C	7,7	8,1	10,5	13,8	18,6	24,2	26,7	25,9	22,3	17,5	13,0	9,2
i	1,94	2,08	3,06	4,67	7,31	10,89	12,64	12,09	9,62	6,66	4,23	2,51
PE	15,9	17,2	26,8	43,6	72,8	115,0	136,5	129,6	99,8	65,5	38,9	21,4
n	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8
PE	13,2	14,3	27,6	48,4	91,0	144,9	173,3	154,3	103,8	62,9	31,9	17,1
P (mm)	67,2	59,8	56,1	32,7	12,0	5,1	3,5	4,8	12,2	39,4	77,3	88,0
Dt	0,0	0,0	0,0	15,8	79,0	139,8	169,9	149,4	91,6	23,5	0,0	0,0
Πλεον.	54,0	45,5	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,4	70,9
APWL	0,0	0,0	0,0	-15,8	-94,7	-234,6	-404,5	-553,9	-645,5	-668,9	0,0	0,0
St	110,0	110,0	110,0	95,3	46,5	13,0	2,8	0,7	0,3	0,3	45,7	110,0
ΔSt	0,0	0,0	0,0	-14,7	-48,8	-33,4	-10,3	-2,1	-0,4	-0,1	45,4	64,3
Er	13,2	14,3	27,6	47,3	60,9	38,5	13,7	6,9	12,6	39,5	31,9	17,1
D	0,0	0,0	0,0	1,1	30,2	106,4	159,6	147,3	91,2	23,4	0,0	0,0
Ολ. Απορ.	54,0	45,5	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5

**Πίνακας 5.12** :Συγκεντρωτικός πίνακας παραμέτρων σε mm, του σταθμού Μαρκόπουλου για τα έτη 1971-2009.

Μήνας	P	Θ	St	PE	AE	S(Ολική απορροή =Απορροή + Κατείσδυση)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	67,2	7,7	110,0	13,2	13,2	54,0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	59,8	8,1	110,0	14,3	14,3	45,5
ΜΑΡΤΙΟΣ	56,1	10,5	110,0	27,6	27,6	28,5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	32,7	13,8	95,3	48,4	47,3	0,0
ΜΑΪΟΣ	12,0	18,6	46,5	91,0	60,9	0,0
ΙΟΥΝΙΟΣ	5,1	24,2	13,0	144,9	38,5	0,0
ΙΟΥΛΙΟΣ	3,5	26,7	2,8	173,3	13,7	0,0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	4,8	25,9	0,7	154,3	6,9	0,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	12,2	22,3	0,3	103,8	12,6	0,0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	39,4	17,5	0,3	62,9	39,5	0,0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	77,3	13,0	45,7	31,9	31,9	0,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	88,0	9,2	110,0	17,1	17,1	6,5
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>458,1</b>			<b>882,73</b>	<b>323,56</b>	<b>134,5</b>
<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>	<b>100%</b>				<b>70%</b>	<b>30%</b>

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (AE) είναι 323,56 mm (ή  $10,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ , όγκος νερού, που αντιστοιχεί στην υδρολογική λεκάνη της Βάρης) και αντιστοιχεί στο 70% της βροχόπτωσης και ολική απορροή (S) 134,5 mm (ή  $4,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ , όγκος νερού, που αντιστοιχεί στην υδρολογική λεκάνη της Βάρης), η οποία αντιστοιχεί στο 30% της βροχόπτωσης.

Μια άλλη σημαντική παράμετρος στο υδατικό ισοζύγιο είναι η κατείσδυση. Αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων. Αντιπροσωπεύει το μέρος εκείνο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους και φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες προστιθέμενο στα αποθέματα των υπόγειων νερών και μετέχει στις κινήσεις του υπόγειου νερού. Η ικανότητα κατείσδυσης εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους, τη λιθολογία, την κλίση του εδάφους, τη βλάστηση, την ένταση, την κατανομή των βροχοπτώσεων κλπ. Μέτρο της κατείσδυσης είναι ο συντελεστής κατείσδυσης (I), ο οποίος εκφράζει το ποσοστό του νερού που κατεισδύει σε σχέση με την ολική βροχόπτωση. Στον πίνακα 5.13 παρουσιάζονται οι συντελεστές κατείσδυσης ανά υδρολιθολογικών σχηματισμών, ενώ στον πίνακα 5.14 φαίνονται οι συντελεστές κατείσδυσης ανά υδρολιθολογικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης.

Η τιμή του συντελεστή κατείδυσης προκύπτει είτε με απευθείας μετρήσεις (λυσίμετρα), είτε έμμεσα από το υδατικό ισοζύγιο. Στην προκειμένη περίπτωση πολλαπλασιάσαμε τον αντίστοιχο συντελεστή με την έκταση του πετρώματος που αντιστοιχεί και στην συνέχεια διατρέσαμε με το σύνολο της έκτασης των σχηματισμών. Επομένως ο συντελεστής κατείδυσης είναι ίσος με 26,6 % ή  $3,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ , ( $26,6 \% \times 14,9 \times 10^6 \text{ m}^3$  (όγκος βροχής στη λεκάνη)), όγκος νερού, που αντιστοιχεί στην υδρολογική λεκάνη της Βάρης

**Πίνακας 5.13 :** Συντελεστές κατείδυσης ανά υδρολιθολογικών σχηματισμών. (Γημαράς Αγγελος & Μαστρογιάννης Φίλιππος Διπλωματική εργασία 2010)

Υδρολιθολογικός σχηματισμός	Συντελεστής Κατείδυσης (%)
Ανθρακικά πετρώματα πολύ περατά	50
Ανθρακικά πετρώματα περατά	35
Περατοί πορώδεις σχηματισμοί	15
Ημιπερατοί & Ημιπερατοί πορώδεις σχηματισμοί	5
Αδιαπέρατοι σχηματισμοί	1

**Πίνακας 5.14:** Συντελεστές κατείδυσης ανά υδρολιθολογικών σχηματισμών στη λεκάνη της Βάρης.

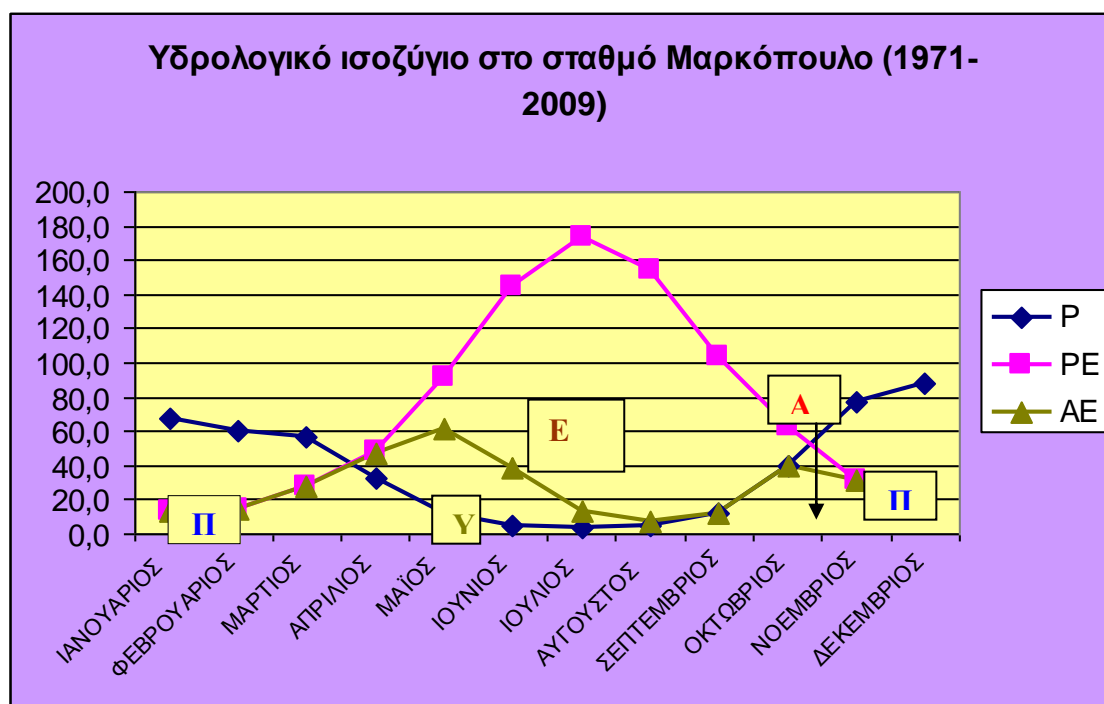
Λιθολογία περιοχής μελέτης	Υδρολιθολογικός χαρακτηρισμός	Συντελεστής κατείδυσης (%)	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Ποσοστό(%) κατείδυσης κάθε σχηματισμού στη λεκάνη
Αποθέσεις στις κοίτες των χειμάρρων	Περατοί πορώδεις σχηματισμοί	15	0.90	0.75
Μάργες-Πηλοί-Ψαμμίτες	Ημιπερατοί πορώδεις σχηματισμοί	5	0.33	0.27
Σχιστόλιθοι	Αδιαπέρατοι σχηματισμοί	1	0.84	0.69
Κατώτερο μάρμαρο	Ανθρακικά πετρώματα πολύ περατά	50	10.16	<b>8.43</b>
Σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί	Περατοί πορώδεις σχηματισμοί	15	0.08	0.07
Χερσαίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις	Ημιπερατοί πορώδεις σχηματισμοί	5	7.69	<b>6.37</b>
Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων	Ημιπερατοί πορώδεις σχηματισμοί	5	2.66	2.21
Δολομίτες Πιρναρης	Ανθρακικά πετρώματα περατά	35	7.48	<b>6.20</b>
Ασβεστόλιθοι - σχιστόλιθοι	Ημιπερατοί	5	1.64	1.36
Οφιόλιθοι (έντονα τεκτονισμένοι)	Ημιπερατοί	5	0.07	0.06
Ασβεστόλιθοι	Ανθρακικά πετρώματα περατά	35	0.22	0.19
		<b>Σύνολο</b>	<b>32.09</b>	<b>26.6</b>

Έτσι λοιπόν, από τα παραπάνω, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 5.15, στο οποίο δίνεται μια συνολική εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου, στη λεκάνη της Βάρης.

**Πίνακας 5.15:** Εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης Βάρης.

Υδρομετεωρολογικός σταθμός Μαρκόπουλου			Λεκάνη της Βάρης					
P (mm)	ΑΕ (mm)	R + I (mm)	Επιφάνεια Λεκάνης (km <sup>2</sup> )	P m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	ΑΕ m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	S=R + I m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	I m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	R m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>
458	324	135	32,09	14,70	10,29	4,3	3,90	0,51
		<b>Ποσοστό (%)</b>		<b>100,00</b>	<b>70,00</b>	<b>30,00</b>	<b>26,53</b>	<b>3,47</b>

Στο σχήμα 5.7 παρουσιάζεται το μέσο υδρολογικό ισοζύγιο με βάση τα στοιχεία του σταθμού Μαρκόπουλου. Από το σχήμα αυτό προκύπτει ότι, πλεόνασμα νερού (ενεργή κατείσδυση) παρατηρείται τους μήνες Οκτώβριο έως Μάρτιο, χρησιμοποίηση της υγρασίας του εδάφους γίνεται τους μήνες Απρίλιο έως Ιούνιο, έλλειμμα νερού καταγράφεται τους μήνες Ιούλιο έως Σεπτέμβριο και η αναπλήρωση της υγρασίας του εδάφους γίνεται τον Οκτώβριο και Νοέμβριο.



**Σχήμα 5.7:** Μέσο υδατικό ισοζύγιο του σταθμού Μαρκόπουλου. (Π= πλεόνασμα νερού (mm), Y= χρησιμοποίηση της υγρασίας εδάφους (mm), E= έλλειμμα νερού (mm) & A= αναπλήρωση του νερού εδάφους (mm)).

### 6.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την Χημική Σύσταση των Υπόγειων Νερών

Σύμφωνα με Χαρμανίδης κ.α., (1998), Ταβιτιάν κ.α. (1998), Χαρμανίδης, (2002) και Δημητρακόπουλος (2002) η χημική σύσταση των υπόγειων υδάτων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και πιο συγκεκριμένα από:

- την χημική σύσταση του εδάφους και του αέρα που είναι εγκλωβισμένος μέσα στους εδαφικούς πόρους αφού διαμέσου αυτών το υπόγειο νερό κατεισδύει προκειμένου να φτάσει σε βαθύτερα γεωλογικά στρώματα και να εμπλουτίσει τυχόν υπάρχοντες υδροφόρους.
- την χημική και ορυκτολογική σύσταση των στρωμάτων από τα οποία αποτελείται ο υδροφόρος αφού με τις χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ νερού και ορυκτολογικών συστατικών το πρώτο εμπλουτίζεται ή αποφορτίζεται από χημικά στοιχεία.
- την χρονική διάρκεια επαφής νερού και πετρώματος αφού όσο πιο μεγάλη είναι αυτή τόσο πιο αποτελεσματική είναι και η αλληλεπίδραση των δυο μέσων.
- τα ρυπαντικά φορτία ανθρωπογενούς και φυσικής προέλευσης που μεταφέρονται από την επιφάνεια στους υδροφόρους.
- την σχέση μεταξύ αύξησης θερμοκρασίας και πίεσης και διαλυτότητας των ορυκτών του πετρώματος μέσα στο οποίο αποθηκεύεται.
- την προέλευσή του
- τις συνθήκες εμπλουτισμού και ανανέωσης των νερών
- τις συνθήκες υφαλμύρωσης

Το νερό επομένως ισορροπεί χημικά ανάλογα με τις φυσικοχημικές συνθήκες του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο κυκλοφορεί και τροποποιεί την χημική του σύσταση ανάλογα με αυτές τις συνθήκες (Χαρμανίδης, 2002). Επιπλέον, η συγκέντρωση των διαφόρων ιόντων στο υπόγειο νερό αυξάνεται όσο μεγαλύτερη είναι η διαδρομή που ακολουθεί αυτό μέσα στο υπέδαφος (Ταβιτιάν κ.α., 1998).

Σύμφωνα με το Στουρνάρα (1998), το υπόγειο νερό περιέχει διαλυμένες ουσίες, που του προσδίδουν διάφορα χαρακτηριστικά όπως οσμή, γεύση και θερμοκρασία. Η τελική ποιότητα του νερού εξαρτάται από το φυσικό περιβάλλον, την προέλευσή του και την διαδρομή του, κατά την διάρκεια της οποίας υπόκειται σε ένα σύνολο χημικών, φυσικών και βιολογικών

διεργασιών και αντιδράσεων με τα πετρώματα, τα εδάφη και τις οργανικές ενώσεις. Αν οι παράμετροι, που καθορίζουν την ποιότητα του υπόγειου νερού, μεταβαλλόμενες στο βάθος του χρόνου από φυσικές ή ανθρωπογενείς αιτίες, υπερβούν τα ανώτερα όρια, που έχουν θεσπιστεί για την καταλληλότητα για διάφορες χρήσεις, τότε έχουμε την ποιοτική υποβάθμισή του (Ελληνας Α., 2005),

## 6.2 Ιοντοανταλλαγή

Η ιοντοανταλλαγή είναι η διαδικασία κατά την οποία ανταλλάσσονται ιόντα μεταξύ ρυπαντών και εδάφους, λόγω των αρνητικών επιφανειακών φορτίων που προέρχονται από τη δομή των αργιλοπηριτικών ορυκτών, που υπάρχουν στο έδαφος (ηλεκτροστατική προσρόφηση).

Οι πλέον σημαντικές ουσίες ικανές για ιοντοανταλλαγή είναι τα αργιλικά ορυκτά, όπως: καολίνη, μοντμοριλονίτης, ιλλίτης, χλωρίτης, ζεόλιθοι,.

Για τα ιόντα με ίδιο σθένος, σημαντικό ρόλο παίζει η ενυδατωμένη ακτίνα (Νικολαΐδης, 2005).

Ο ρόλος της ιοντοανταλλαγής είναι σημαντικός στη διαμόρφωση της ποιότητας των υπόγειων νερών παράκτιων υδροφορέων. Το γλυκό νερό είναι κατά κανόνα οξυανθρακικό ασβεστούχο ( $\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$ ) και το θαλασσίνο χλωριονατριούχο ( $\text{Na}^+ -\text{Cl}^-$ ). Όταν διεισδύσει θαλασσίνο νερό στην ενδοχώρα λαμβάνει χώρα ιοντοανταλλαγή (Apello & Postma, 1994).

Η ιοντοανταλλαγή οδηγεί σε απελευθέρωση  $\text{Ca}^{2+}$  και δέσμευση του  $\text{Na}^+$ . Το υπόγειο νερό μετατρέπεται από  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  σε  $\text{Na}-\text{Cl}$  υδροχημικό τύπο. Το αντίθετο συμβαίνει κατά τη διάρκεια τεχνητού εμπλουτισμού με γλυκό νερό σε υφάλμυρο υδροφόρο ορίζοντα, όπου μετατρέπεται σε  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  τύπο (freshening). Στους παράκτιους καρστικούς υδροφόρους γίνεται δολομιτίωση (αντικατάσταση  $\text{Ca}^{2+}$  από  $\text{Mg}^{2+}$ ).

Η προσρόφηση και η ιοντοανταλλαγή είναι δύο σημαντικές διαδικασίες φυσικής απορρύπανσης του υπόγειου νερού, ελέγχοντας την κινητικότητα των ιόντων και βαρέων μετάλλων στο υπέδαφος (προσρόφηση) και την έκπλυση των ανιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  από το έδαφος (ιοντοανταλλαγή), (Βουδούρης Κ., 2006).

### 6.3 Φυσικοχημικές παράμετροι των υπόγειων νερών

Οι κυριότερες παράμετροι του υπόγειου νερού είναι:

- Φυσικές (θερμοκρασία, χρώμα, θολότητα, οσμή, ραδιενέργεια)
- Χημικές (pH, Αγωγιμότητα, Σκληρότητα, Αλκαλικότητα, Δυναμικό οξειδοαναγωγής, Ολικά διαλυμένα στερεά (T.D.S), Διαλυμένο οξυγόνο).

#### Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των υπόγειων νερών καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία των πετρωμάτων, τα οποία τα περιβάλλουν. Οι θερμοκρασίες του υπόγειου νερού τείνουν να παραμείνουν σταθερές, εκτός από τα επιφανειακά νερά που παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως αποτέλεσμα των μεταβολών της ηλιακής ενέργειας πάνω στην επιφάνεια της γης. Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού επηρεάζεται και από τις μεταβολές της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφορέα.. Κατά την ανάμειξη θερμού και ψυχρού νερού με θερμοκρασίες  $T_{\theta}$  και  $T_{\psi}$  με όγκους  $V_{\theta}$ ,  $V_{\psi}$ , ισχύει αντίστοιχα: (Βουδούρης Κ 2006).

$$V_{mix} \cdot T_{mix} = V_{\theta} \cdot T_{\theta} + V_{\psi} \cdot T_{\psi} \text{ και } V_{mix} = V_{\theta} + V_{\psi} = 100\%$$

#### Ενεργός οξύτητα (pH)

Ενεργός οξύτητα είναι η συγκέντρωση των ιόντων  $H_3O^+$  που περιέχεται στο διάλυμα και εκφράζεται με το pH, δηλ. με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων  $H_3O^+$ . Ο προσδιορισμός του pH γίνεται χρωματομετρικά και ηλεκτρομετρικά. Το pH του υπόγειου νερού καθορίζεται από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις και ισορροπίες μεταξύ των διαλυμένων ιόντων μέσα σε αυτό. Το pH που οφείλεται στην παρουσία του  $CO_2$  αποτελεί το pH ισορροπίας ή pHs κορεσμού. Αν το pH του νερού είναι μικρότερο από το pHs κορεσμού τότε το νερό έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα και μπορεί να διαλύσει το  $CaCO_3$ . Στην αντίθετη περίπτωση το διάλυμα είναι κορεσμένο και αποθέτει το  $CaCO_3$ . (Βουδούρης Κ., 2006).

Το pH των νερών γενικά μειώνεται όσο η υδάτινη μάζα ενηλικιώνεται. Μια νέα υδάτινη μάζα είναι συνήθως αλκαλική (pH>7) και σιγά-σιγά με τον χρόνο γίνεται όξινη (pH<7). Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση οργανικού υλικού, που εκλύει CO<sub>2</sub> όταν αποσυντίθεται.

Η όξινη βροχή (acid rain), που οφείλεται στην έκλυση οξειδίων (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) από την καύση υδρογονανθράκων και τη μετατροπή τους σε οξέα στην ατμόσφαιρα (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>), συμβάλλει στη μείωση του pH και στη δημιουργία *όξινων υπόγειων νερών*. Το pH του νερού του υπεδάφους είναι σημαντικός παράγοντας αποσάθρωσης. Όξινο περιβάλλον ευνοεί την αφαίρεση Fe και Al από τα μητρικά ορυκτά, καθώς και τη συγκέντρωση του SiO<sub>2</sub>. Το pH επίσης μπορεί να μειωθεί από την οξείδωση της αμμωνίας, που προέρχεται από τη χρήση της κοπριάς σαν λίπασμα, καθώς και την οξείδωση των πυριτών (FeS<sub>2</sub>) (Βουδούρης Κ., 2006).

### **Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)**

Το καθαρό νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η αύξηση της ποσότητας των διαλυμένων αλάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας, συνεπάγονται και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, γι' αυτό η μέτρησή της πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (συνήθως 25 °C). Έτσι η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και τη φύση των διαλυμένων ηλεκτρολυτών. Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400 μS/cm. Αυξημένη αγωγιμότητα υποδηλώνει αυξημένες ποσότητες αλάτων, που ανάλογα με τη φύση τους και τη συγκέντρωσή τους μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας. (Βουδούρης Κ., 2006).

Κατά την ανάμειξη δύο νερών με διαφορετικές τιμές EC ισχύει:

$$EC_{mix} = EC1 \cdot x + EC2 \cdot (1-x),$$

όπου: EC<sub>mix</sub> είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του μίγματος που προκύπτει, EC<sub>1</sub>, EC<sub>2</sub> οι αγωγιμότητες των νερών που αναμείχθηκαν και x το ποσοστό ανάμειξης του ενός νερού στο μίγμα (Βουδούρης Κ., 2006).

### **Σκληρότητα (Hardness)**

Η σκληρότητα των νερών προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων, εκ των οποίων τα πιο συνηθισμένα είναι το Ca<sup>2+</sup> και το Mg<sup>2+</sup>. Τα ιόντα αυτά αντιδρούν με το



σαπούνη και σχηματίζουν ίζημα και μαζί με ορισμένα ανιόντα, που βρίσκονται στο νερό δημιουργούν κρούστα. Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών γιατί δείχνει την τάση για σχηματισμό ανθρακικών επικαθήσεων στους λέβητες και τις ψυκτικές δεξαμενές, την ικανότητα δέσμευσης σαπουνιών και χρωμάτων κ.ά (Μήτρακας, 2001). Η σκληρότητα του πόσιμου νερού μεταξύ των άλλων συνδέεται και με την υγεία του ανθρώπου και συγκεκριμένα σχετίζεται με καρδιακές παθήσεις (Βουδούρης Κ., 2006).

Η σκληρότητα διακρίνεται σε:

α) **Παροδική ή ανθρακική** σκληρότητα που προέρχεται από την παρουσία όξινων ανθρακικών αλάτων του  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$  δηλ.  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  και  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . Τα άλατα αυτά προέρχονται από τη διάλυση αλάτων  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$ , που υπάρχουν στα διάφορα πετρώματα ή στο έδαφος μέσα από τα οποία διέρχεται το νερό. Η διάλυση αυτή διευκολύνεται από το  $\text{CO}_2$  που ελευθερώνεται από τη βακτηριακή δράση σε οργανικές ουσίες του εδάφους ή προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα. Όταν το νερό θερμανθεί τα άλατα αυτά αποσυντίθεται στα αντίστοιχα ανθρακικά και πέφτουν ως ίζημα (Βουδούρης Κ., 2006).

β) **Μόνιμη σκληρότητα ή μη ανθρακική** που προέρχεται από την παρουσία αλκαλικών γαιών, ενωμένων με το θειικό ιόν, το ιόν χλωρίου και το νιτρικό ιόν. Η κύρια πηγή των θειικών ιόντων είναι η οξείδωση του σιδηροπυρίτη, εκτός και αν συμβαίνει απόθεση εβαποριτών (Βουδούρης Κ., 2006).

γ) **Ολική σκληρότητα** (Total Hardness): Είναι το άθροισμα της ανθρακικής και της μόνιμης σκληρότητας. Εκφράζεται σε ισοδύναμο  $\text{CaCO}_3$  (mg/L), αλλά και σε βαθμούς σκληρότητας (Βουδούρης Κ., 2006).

Ο Γαλλικός βαθμός ισοδυναμεί με 10 mg/L  $\text{CaCO}_3$  και ο Γερμανικός βαθμός ισοδυναμεί με 17,86 mg/L  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

Η ολική σκληρότητα (TH) δίνεται από τη σχέση:  $\text{TH} = 2,5\text{Ca} + 4,1\text{Mg}$  αν οι περιεκτικότητες των ιόντων είναι εκφρασμένες σε mg/L και  $\text{TH} = 50 (\text{Ca} + \text{Mg})$  αν είναι εκφρασμένες σε meq/L (Βουδούρης Κ., 2006).

Η περιοχή μεταξύ 15-20 γαλλικών βαθμών χαρακτηρίζουν πολύ καλό νερό από άποψη σκληρότητας. Η μηδενική σκληρότητα, η παντελής δηλ. έλλειψη ασβεστίου και μαγνησίου δεν είναι επιθυμητή. Η μεγάλη σκληρότητα προκαλεί ελαφρά διάρροια σε όσους πίνουν για πρώτη φορά, ενώ η συνεχής εξωτερική του χρήση προκαλεί ερεθισμό στο δέρμα. Επίσης καταστρέφει τα υφάσματα και φθείρει τις συσκευές. Τα νερά με βάση τη σκληρότητα ταξινομούνται όπως φαίνεται στον πίνακα 6.1 (Βουδούρης Κ., 2006).

Η ολική αλκαλικότητα ισούται με  $Alk=0,81967 \text{ HCO}_3^-$  (mg/L).

Στην περίπτωση που η αλκαλικότητα είναι μεγαλύτερη από την ολική σκληρότητα τότε η μη ανθρακική σκληρότητα (μόνιμη) είναι μηδέν και η ολική σκληρότητα ισούται με την ανθρακική σκληρότητα (παροδική). Αν η αλκαλικότητα είναι μικρότερη από την ολική σκληρότητα τότε η παροδική σκληρότητα είναι ίση με την αλκαλικότητα και η μόνιμη είναι η διαφορά της αλκαλικότητας από την ολική σκληρότητα.

<i>Ισοδύναμο CaCO<sub>3</sub> (mg/L)</i>	<i>Γαλλικοί βαθμοί</i>	<i>Χαρακτηρισμός του νερού</i>
0-100	0-10	Μαλακό
101-200	10-20	Μέτρια σκληρό
201-300	20-30	Σκληρό
>300	>30	Πολύ σκληρό

**Πίνακας 6.1 :** Ταξινόμηση των νερών με βάση τη σκληρότητα.

Η αποσκλήρυνση του νερού γίνεται με χημικές διαδικασίες (ιζηματοποίηση), με αντίστροφη όσμωση, ηλεκτροδιάλυση ή με περιορισμένη εξάτμιση, καθώς και με χρήση ιοντοανταλλακτών (ρητίνες ή ζεόλιθοι). Στον πίνακα 6.2 που ακολουθεί προσδιορίζονται οι κυριότερες παράμετροι του πόσιμου νερού, όπως καθορίζονται με βάση τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

**Πίνακας 6.2 :**Ενδεικτικές παράμετροι του πόσιμου νερού  
(Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης/11/1998).

a/a	Παράμετρος	Μονάδα έκφρασης αποτελεσμάτων	Παραμετρική τιμή*
1	Ιόντα υδρογόνου	μονάδα pH	6.5≤pH≤9.5
2	Αγωγιμότητα	μS/cm	2500
3	Χλωριούχα άλατα	mg/l	250
4	Θειικά άλατα	mg/l	250
5	Νάτριο	g/l	200
6	Αργίλιο	μg/l	200
7	Νιτρικά άλατα	mg/l	50
8	Νιτρώδη άλατα	mg/l	0,50
9	Βρωμικά άλατα	mg/l	10
10	Κυανιούχα άλατα	μg/l	50
11	Αμμώνιο	mg/l	0,50
12	Φθοριούχα άλατα	mg/l	1,5
13	Σίδηρος	μg/l	200
14	Μαγγάνιο	μg/l	50
15	Χαλκός	mg/l	2,0
16	Αρσενικό	μg/l	10
17	Χρόμιο	μg/l	50
18	Υδράργυρος	μg/l	1,0
19	Μόλυβδος	μg/l	10
20	Νικέλιο	μg/l	20
21	Κάδμιο	μg/l	5,0

\*Η παραμετρική τιμή, με βάση την Οδηγία 98/83/ΕΚ, αναφέρεται στη συγκέντρωση καταλοίπων μονομερούς στο νερό, όπως υπολογίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές περί μέγιστης μετανάστευσης εκ του αντιστοίχου πολυμερούς, όταν βρίσκεται σε επαφή με το νερό.

### **Αλκαλικότητα (Alkalinity)**

Η αλκαλικότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας των νερών να εξουδετερώνουν ορισμένη ποσότητα υδρογονοκατιόντων. Η εξουδετέρωση αυτή οφείλεται στην παρουσία των ιόντων  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  και  $\text{HCO}_3^-$ . Επιπλέον δρουν οι συζυγείς βάσεις του φωσφορικού και πυριτικού οξέος. Η παρουσία οργανικής ύλης μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στον καθορισμό της αλκαλικότητας των υπόγειων νερών. Τα χλωριούχα, θειικά και νιτρικά ιόντα δεν συμβάλλουν στην αλκαλικότητα (Βουδούρης Κ., 2006).

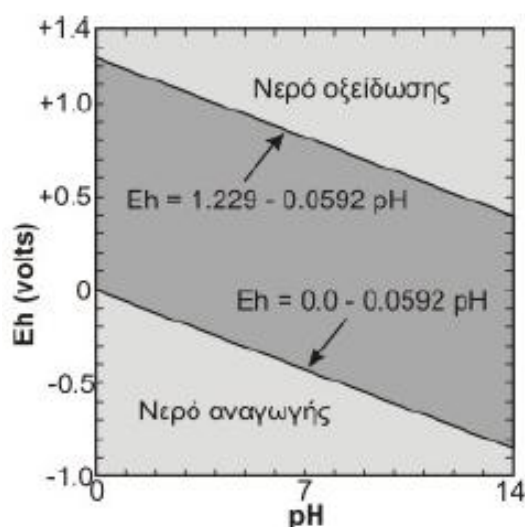
### **Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (Redox potential)**

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh) ενός υδατικού διαλύματος μπορεί να υπολογισθεί από την εξίσωση του Nerst. Μετράται με ευαίσθητα ηλεκτρόδια και εξαρτάται από τη θέση ισορροπίας της αντίδρασης: Οξειδωμένη μορφή + e<sup>-</sup> ↔ Ανηγμένη μορφή

Η θέση της ισορροπίας εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις του οξειδωτικού και του αναγωγικού σώματος. Το πιο άφθονο και ισχυρό οξειδωτικό στη φύση είναι το οξυγόνο και το ισχυρότερο αναγωγικό θεωρείται το υδρογόνο (Βουδούρης Κ., 2006).

Η μεταβολή του pH στο περιβάλλον προκαλεί σημαντική μεταβολή της τιμής του δυναμικού οξειδοαναγωγής, λόγω της συμμετοχής των ιόντων  $\text{OH}^-$  στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής. Γνωρίζοντας τις τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής σε συνάρτηση με το pH, είναι δυνατός ο προσδιορισμός των μορφών με τις οποίες βρίσκεται ένα χημικό στοιχείο σε ένα συγκεκριμένο φυσικό περιβάλλον (Βουδούρης Κ., 2006).

Στο Σχήμα 6.1 φαίνεται η σχέση Eh-pH και διακρίνονται περιοχές όπου το νερό οξειδώνεται σε  $\text{O}_2$  και περιοχές όπου ανάγεται σε  $\text{H}_2$ . Επίσης η κατανομή των  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  και άλλων ενώσεων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του Eh. Με τη βοήθεια του Eh ενός υδάτινου περιβάλλοντος είναι δυνατόν να υπολογισθούν με ακρίβεια οι συγκεντρώσεις ιόντων ή ενώσεων στο περιβάλλον αυτό. Στην επιφάνεια της θάλασσας το  $\text{Eh}=+0,3$  (οξειδωτικό περιβάλλον), λόγω εμπλουτισμού με αέρα και κοντά στον πυθμένα  $\text{Eh}=-0,6$  (αναγωγικό περιβάλλον), λόγω περίσσειας οργανικού υλικού και έλλειψης οξυγόνου (Θεοδωρίκας, 1997). Χαμηλό Eh συμβάλλει στη διατήρηση οργανικής ύλης σ' ένα ίζημα. Στην ξηρά, άφθονη οργανική ύλη υπάρχει στον πυθμένα λιμνών και ελών και στη θάλασσα σε κλειστούς κόλπους με περιορισμένη κυκλοφορία νερού και απουσία αδρόκοκκων κλαστικών υλικών.



**Σχήμα 6.1 :** Διάγραμμα Eh-pH (Βουδούρης Κ., 2006).

### Διαλυμένα Στερεά (T.D.S)- Αλατότητα του υπόγειου νερού

Η παρουσία αλάτων στο υπόγειο νερό σχετίζεται με το είδος των πετρωμάτων στα οποία κινείται, τον χρόνο παραμονής, την ταχύτητα ροής κ.λπ. Το T.D.S εκφράζει τη συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κolloειδή και τα διαλυμένα αέρια. Δηλ. το T.D.S αποτελεί ένα δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας) και συνδέεται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) με τις σχέσεις (Βουδούρης Κ., 2006).

T.D.S (ppm) ~ 0.65 (EC) (μS/cm) και T.D.S (meq/L) ~ 0.01 (EC) (μS/cm)

Αν οι τιμές του T.D.S. κυμαίνονται μεταξύ 0-1.000 mg/L το νερό είναι *γλυκό* (fresh), μεταξύ 1.000-10.000 mg/L θεωρείται *οφάλμυρο* (brackish), μεταξύ 10.000-100.000 mg/L *αλμυρό* (salt or saline) και για τιμές μεγαλύτερες των 100.000 mg/L *υπεραλμυρό* (brine) (Βουδούρης Κ., 2006).

Για τον υπολογισμό του T.D.S. προστίθενται οι τιμές όλων των ιόντων, ενώ ο Hounslow (1995) προτείνει την κάτωθι αναλυτική έκφραση για το T.D.S.:

$T.D.S. = \text{Σύνολο ιόντων} + SiO_2 - (0,5082 \times HCO_3^-)$

Το T.D.S. μπορεί να επηρεασθεί από τη διείδυση της θάλασσας, την εξάτμιση του νερού και τη διάλυση ορυκτής ύλης. Το πλεόνασμα του αρδευτικού νερού που διηθείται στον υδροφόρο αυξάνει το T.D.S. Μεγάλες τιμές αλατότητας απαντώνται σε υδροφόρους ξηρών περιοχών και σε λεκάνες με κακή στράγγιση. Στις παράκτιες περιοχές τα αερομεταφερόμενα άλατα αποτελούν μια σημαντική πηγή αλατότητας των υπόγειων νερών. Εγκλωβισμένα αλμυρά νερά εντοπίζονται σε περιοχές ιζηματογενών αποθέσεων (badlands) (Βουδούρης Κ., 2006).

Τα υπόγεια νερά έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις διαλυμένων αλάτων από τα επιφανειακά, λόγω φόρτισης με άλατα από τη διάλυση των πετρωμάτων. Η αλατότητα είναι μεγαλύτερη σε περιοχές, όπου η κίνηση του νερού είναι μικρότερη και σε ξηρές περιοχές με ασήμαντη έπλυση από τη βροχή. Γενικά, η αλατότητα αυξάνει με το βάθος (Βουδούρης Κ., 2006).

## Διαλυμένο Οξυγόνο

Η παρουσία του οξυγόνου στο υπόγειο νερό, υποδηλώνει πρόσφατη έκθεση του νερού στην επίδραση της ατμόσφαιρας. Το οξυγόνο παρουσιάζει μικρή διαλυτότητα στο νερό, η οποία κυμαίνεται από 6 έως 15 ppm. Μικρές τιμές περιεκτικότητας σε οξυγόνο παρατηρούνται σε παλαιά νερά που δεν ανανεώνονται, ενώ αντίθετα μεγάλες συγκεντρώσεις συναντώνται σε νερά, τα οποία δεν παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στους υδροφόρους ορίζοντες και ανανεώνονται συνεχώς. Μικρές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου φανερώνουν έντονα ρυπασμένα νερά με οργανικές ουσίες. (Κελεπερτζής Α., 2007).

Γενικά η περιεκτικότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από:

- α) Τη θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του νερού, τόσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα σε οξυγόνο.
- β) Την ποσότητα της οργανικής ύλης, η οποία αποσυντίθεται στο νερό.
- γ) Την παρουσία ή απουσία φυτών (μικροσκοπικών και μακροσκοπικών), τα οποία μπορούν να κάνουν φωτοσύνθεση.
- δ) Το βαθμό της διείσδυσης του φωτός, που εξαρτάται από το βάθος.

Κατά την κίνηση του νερού στην ακόρεστη ζώνη μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου, λόγω κατανάλωσης στις οξειδωτικές διεργασίες που συντελούνται εκεί. Η μείωση του οξυγόνου με το βάθος είναι εκθετική και σπάνια περιέχεται διαλυμένο οξυγόνο σε βάθη μεγαλύτερα των 20 m από την υδροστατική επιφάνεια. Στα στάσιμα νερά η περιεκτικότητα σε οξυγόνο μεταβάλλεται με το βάθος και την εποχή. Το θέρος η περιεκτικότητα οξυγόνου στα μεγάλα βάθη ελαττώνεται και μπορεί να μηδενισθεί.

### **6.4 Σημαντικότερα Χημικά Στοιχεία & Ενώσεις των Υπόγειων Νερών**

- Κύρια ιόντα:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$
- Δευτερεύοντα ιόντα:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  κ.ά.
- Βαρέα μέταλλα:  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  κ.ά.
- Θρεπτικές ενώσεις του N, P
- Πρωτεΐνες, Οργανικές ενώσεις, Αέρια :  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$

Παρακάτω γίνεται η περιγραφή των ποιών σημαντικών στοιχείων

### **Ασβέστιο (Ca<sup>2+</sup>)**

Το ασβέστιο προέρχεται κυρίως από τη διάλυση ανθρακικών σχηματισμών, όπως ασβεστίτη, δολομίτη και γύψων. Πηγή προέλευσης ασβεστίου αποτελούν οι αμφίβολοι, τα πλαγιόκλαστα και αργιλικά ορυκτά. (Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005)

### **Μαγνήσιο (Mg<sup>2+</sup>)**

Το μαγνήσιο προέρχεται από τα σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά, όπως τον ολιβίνη, τις αμφίβλους και τους πυρόξενους. Περιέχεται και σε ανθρακικά πετρώματα που περιέχουν κυρίως δολομίτη και μαγνησίτη. Απαντά επίσης στα αργιλικά ορυκτά, αλλά και σε εξαλλοιωμένα πετρώματα, όπως οι σερπεντινίτες. (Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005)

### **Κάλιο (K<sup>+</sup>)**

Το κάλιο προέρχεται από αστρίους (ορθόκλαστο, μικροκλινή), αστριοειδή (λευκίτη), μερικούς μαρμαρυγίες και αργιλικά άλατα. Το κάλιο μπορεί να έχει και ανθρωπογενή προέλευση μιας και περιέχεται σε λιπάσματα (KCl) που χρησιμοποιούνται σε αγροτικές δραστηριότητες. (Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005).

### **Νάτριο (Na<sup>+</sup>)**

Η προέλευση είναι ίδια με αυτή των ιόντων χλωρίου σε γενικές γραμμές. Προέρχονται από διάλυση αργιλικών ορυκτών, ορθόκλαστων και πλαγιόκλαστων, εβαποριτών (αλίτης) καθώς και από αργιλικούς σχιστόλιθους, την επίδραση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφόρους και τα βιομηχανικά απόβλητα. Η παρουσία νατρίου σε υψηλές συγκεντρώσεις παρατηρείται σε περιοχές και λεκάνες που έχουν υποστεί ανθρωπογενή επίδραση (λιπάσματα και φυτοφάρμακα) καθώς και σε περιοχές θερμών πηγών και έχει ιδιαίτερη σημασία για την γεωργία. Μια επιπλέον εξήγηση είναι η δευτερογενής ρύπανση από διείσδυση θαλασσινού νερού. Η μεγάλη σημασία αυτού του χημικού στοιχείου φαίνεται και από την υιοθέτηση του συντελεστή S.A.R. (Sodium Absorption Ratio – Συντελεστής Προσρόφησης Νατρίου) που αποτελεί κριτήριο αρδευτικής καταλληλότητας. Υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου μπορεί να

μειώσουν την περατότητα και τον αερισμό του εδάφους (Charmanides et al, 1998). Οι συγκεντρώσεις του ιόντος αυτού περιορίζονται σε τιμές μικρότερες από 200 mg/l (Ελληνας Α., 2005)

.Τέλος πιθανή πηγή νατρίου αποτελούν και τα βιομηχανικά απόβλητα. (Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005).

### Νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ )

Προέρχονται από τα νιτρικά λιπάσματα, τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, την ατμόσφαιρα, τα φυτικά λείψανα και τα ζωικά κόπρανα. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στα φυσικά νερά οφείλονται στην εντατική χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και στην ανεξέλεγκτη διάθεση i) απορριμμάτων και ii) ζωικών ή ανθρώπινων αποβλήτων. (Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005)

Οι ίδιες πηγές προέλευσης ισχύουν και γενικότερα για τα ιόντα του αζώτου που εμφανίζονται με την μορφή  $\text{NO}_2$  (διαλυμένο άζωτο),  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$  και οργανικό άζωτο το οποίο ενσωματώνεται στις οργανικές ουσίες. Τα νιτρώδη ιόντα είναι τοξικά στο πόσιμο νερό ειδικά για άτομα μικρής ηλικίας (Ελληνας Α., 2005)

Η νιτρική ρίζα είναι μία από τις μορφές του διαλυμένου αζώτου που έχει μεγάλη κινητικότητα στα υπόγεια νερά. Παρόλα αυτά, οι φυσιολογικές τιμές δεν ξεπερνούν τα 10 mg/l.

### Θειικά ιόντα ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Προέρχονται από οξείδια θειούχων ορυκτών, γύψο και ανυδρίτη. Πιθανές πηγές προέλευσης αποτελούν και τα αστικά απόβλητα, η όξινη βροχή κ.ά. (Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005).

Η διακύμανση της συγκέντρωσής της στα υπόγεια νερά οφείλεται σε διεργασίες οξείδωσης και αναγωγής, διάλυσης και καθίζησης και σε φυσιολογικές συνθήκες δεν ξεπερνά τα 300 mg/l. (Ελληνας Α., 2005)



Υψηλές τιμές συγκέντρωσης σχετίζονται με περιορισμένο εμπλουτισμό και ανανέωση του υδροφόρου ορίζοντα και μεγάλο χρόνο παραμονής στο υπέδαφος. (Ελληνας Α., 2005). Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης για το πόσιμο νερό είναι τα 250 mg/l και το ενδεικνυόμενο επίπεδο τα 25 mg/l.

### Χλώριο (Cl<sup>-</sup>)

Τα χλώρια μπορεί να έχουν διαφορετικές πηγές προέλευσης. Έτσι μπορούν να προέρχονται από φυσική αποδέσμευση αλάτων που περιέχουν τα ιόντα αυτά και αποτελούν μέρος της ορυκτολογικής δομής ιζηματογενών πετρωμάτων όπως εβαπορίτες και αργιλικά πετρώματα θαλάσσιας γένεσης. Επίσης από εισροή θαλάσσιου νερού σε παράκτιους υδροφόρους και από μεταφορά σταγονιδίων θαλάσσιου νερού στην ενδοχώρα μέσω ισχυρών ανέμων καθώς και της βροχής εάν το μετεωρικό νερό έχει υψηλή συγκέντρωση ιόντων χλωρίου (Χαρμανίδης Φ., 1998).

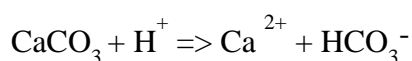
Η συγκέντρωση χλωρίου στο υπόγειο νερό μπορεί να οφείλει την προέλευσή της σε οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα (Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005). Το χλώριο επιπλέον είναι πολύ καλός δείκτης της ρύπανσης του υπόγειου νερού από σκουπιδότοπους (Γεωργαλάς, Λ., 1996).

Το χλώριο εμφανίζεται αυξημένο και σε νερά με υψηλή θερμοκρασία. Απορροφάται λίγο από τα αργιλικά ορυκτά και αποτελεί ιχνηθέτη της ανθρώπινης επίδρασης στην ποιοτική επιβάρυνση των υδροφόρων. Οι φυσιολογικές συγκεντρώσεις του χλωρίου για μη ρυπασμένα νερά κυμαίνονται μεταξύ 10 – 30 mg/l με ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση για το πόσιμο νερό τα 200 mg/l.

Η απορρύπανση υφαλμυρωμένων υδροφόρων απαιτεί μακροχρόνιες προσπάθειες με μεγάλο οικονομικό κόστος και αμφίβολα αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει διότι εκτός από τα χλωριόντα που είναι διαλυμένα στο νερό, ο υδροφόρος πρέπει να ξεπλυθεί αρκετές φορές με καλής ποιότητας νερό προκειμένου να ξεπλυθούν και τα άλατα μαγνησίου και νατρίου που έχουν προσκολληθεί στον σκελετό του (Καλλέργης Γ., κ.α., 1998).

### Όξινα ανθρακικά (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Προέρχονται από τους ασβεστόλιθους και τους δολομίτες (Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005) δηλαδή από τα ανθρακικά πετρώματα, όταν διαλυθούν στο νερό σύμφωνα με την αντίδραση:



### Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος εξάγεται από το γαληνίτη (PbS). Χρησιμοποιείται σε μονώσεις, στις μπαταρίες αυτοκινήτων, στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό και σε διάφορα κράματα. Θεωρείται αξιόλογο προστατευτικό απέναντι στη ραδιενέργεια. Λόγω της ανθεκτικότητάς του στη διάβρωση, χρησιμοποιείται εκτενώς στην οικοδόμηση κτιρίων.

### Ψευδάργυρος (Zn)

Στα μεταλλεύματα ο ψευδάργυρος (Zn) βρίσκεται κανονικά σε συνδυασμό με άλλα μέταλλα όπως ο χαλκός και ο μόλυβδος. Ο ψευδάργυρος έχει χαμηλή έλξη με το οξυγόνο και “προτιμά” να ενωθεί με το θείο σε εξαιρετικά αδιάλυτα σουλφίδια. Ο σφαλερίτης (ZnS), που είναι μια μορφή σουλφιδίων του ψευδάργυρου, είναι το ορυκτό του μετάλλου αυτού στο οποίο υπάρχει ο ψευδάργυρος σε μεγαλύτερη συγκέντρωση, καθώς περιέχει ψευδάργυρο σε ποσοστό 60-62%. Άλλα μεταλλεύματα, από τα οποία εξάγεται ο ψευδάργυρος περιλαμβάνουν το σμιθσονίτη (ανθρακικός ψευδάργυρος ZnCO<sub>3</sub>) και τον ημιμορφίτη (πυριτικό άλας ψευδάργυρου).

### Χρώμιο (Cr)

#### **Cr(tot)**

Το χρώμιο δεν απαντάται ελεύθερο στην φύση. Εξάγεται από τα ορυκτά του, κυρίως από τα οποία είναι ο χρωμίτης (FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>).

## Cr (VI)

Είναι μια ένωση του χρωμίου ιδιαίτερα **τοξική** και καρκινογόνος. Το εξασθενές χρώμιο θεωρείται επικίνδυνο ακόμα και σε ελάχιστες ποσότητες. Δεν υπάρχει στη φύση ελεύθερο παρά μόνο σε κάποια σπάνια ορυκτά, όπως π.χ. στον κροκοΐτη, που συναντάται στη Σιβηρία. Γι' αυτό, όπου αλλού το συναντάμε, είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Παράγεται κυρίως από βιομηχανικές διεργασίες (π.χ. αποτέφρωση αποβλήτων, κατασκευή χάλυβα κλπ.).

## Κάδμιο (Cd)

Υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου (Cd) στα φυσικά νερά οφείλονται στην εντατική χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και στην ανεξέλεγκτη διάθεση i) απορριμμάτων και ii) ζωικών ή ανθρώπινων αποβλήτων (Hussam Al-Humadi - Ζάρρος Απ. – Λιάπη Χ. - Σκανδάλη Ν., 2008).

### 6.5 Ιοντικές Σχέσεις

- ♦ **Ca/Mg:** Η σχέση αυτή δείχνει αν τα νερά κινήθηκαν σε ανθρακικά πετρώματα και ειδικότερα αν αυτά τα πετρώματα ήταν ασβεστόλιθοι ή δολομίτες. Έτσι, αν η τιμή είναι μεγαλύτερη από 2 το πέτρωμα ήταν ασβεστόλιθος, αν η τιμή είναι μεταξύ 1 – 1,5 τότε το πέτρωμα ήταν δολομίτης και για τιμές μικρότερες του 1 το πέτρωμα ήταν πυριτικό. Αν όμως ο συντελεστής Revelle (αναλύεται παρακάτω) πάρει μεγάλες τιμές σε μια περιοχή τότε η παραπάνω σχέση οδηγεί σε επισφαλή συμπεράσματα (Γεωργαλάς Λ., 1996).

- ♦ **(Ca+Mg)/(Na+K):** η σχέση αυτή επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες και δευτερογενή ρύπανση και για τιμές μεγαλύτερες της μονάδας δείχνει περιοχές εμπλουτισμού υδροφόρου ενώ για τιμές μικρότερες της μονάδας δείχνει περιοχές κατάντη των ζωνών εμπλουτισμού. Στις περιοχές τροφοδοσίας τα οξυανθρακικά ιόντα επικρατούν ανάμεσα στα ανιόντα (Γεωργαλάς Λ., 1996).

- ♦ **SO<sub>4</sub>/Cl:** η σχέση αυτή αποτελεί ένδειξη της αλατότητας του εδάφους και η τιμή της μειώνεται κατά την διεύθυνση μεταφοράς των αλάτων και την διεύθυνση ροής των υπόγειων νερών. Επηρεάζεται όπως και η προηγούμενη σχέση από δευτερογενή ρύπανση και

υφαλμύρωση. Προς τα κατάντη των περιοχών εμπλουτισμού η σχέση παίρνει μικρότερες τιμές διότι τα χλωριόντα αυξάνονται πιο γρήγορα από τα θειικά ιόντα (Γεωργαλάς Λ., 1996).

♦ **Συντελεστής Revelle  $Cl/(CO_3+HCO_3)$** : αποτελεί κριτήριο για την προέλευση των χλωριόντων και την διείσδυση του θαλάσσιου νερού αν είναι γνωστές οι υδρογεωλογικές συνθήκες του υδροφόρου (Ταβιτιάν κ.α., 1998) . Στον παραπάνω τύπο οι συγκεντρώσεις των χημικών ενώσεων δίνονται σε meq/l. Αν παίρνει τιμές μικρότερες από 1 τότε δεν έχουμε θαλάσσια ρύπανση, αν οι τιμές είναι μεταξύ 1 – 6 τότε έχουμε αναλογικά αυξανόμενη ρύπανση ενώ αν οι τιμές είναι μεγαλύτερες του 6 τότε έχουμε έντονη θαλάσσια ρύπανση.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με Καλλέργη (2000) τα όρια τιμών είναι τα παρακάτω:

$R < 1$  καλό υπόγειο νερό χωρίς ρύπανση από την θάλασσα

$1 < R < 2$  ελαφρά ρυπασμένο νερό

$2 < R < 6$  μέτρια ρυπασμένο νερό

$6 < R < 10$  σοβαρά ρυπασμένο νερό

$10 < R < 150$  επικίνδυνα ρυπασμένο νερό

$R > 150$  θαλασσινό νερό

♦ **Συντελεστής SAR**: εκφράζει την τάση του Na να προσροφάται στις ανταλλάξιμες θέσεις των κατιόντων και να αυξάνει την αναλογία του, κυρίως σε βάρος των ιόντων του ασβεστίου και του μαγνησίου. Έμμεσα εκφράζει την καταλληλότητα του νερού για άρδευση η οποία εξαρτάται από τα εξής κύρια στοιχεία (Γεωργαλάς Λ, 1996, Αλεξιάκης Γ., 1998):

\_ Την σχετική αναλογία μεταξύ  $HCO_3$  και  $(Ca + Mg)$

\_ Την σχετική αναλογία μεταξύ Na και  $(Ca + Mg)$

\_ Την συγκέντρωση βορίου, την ύπαρξη ιχνοστοιχείων και το TDS

Η εξίσωση του συντελεστή SAR είναι η εξής (τιμές σε meq/l):

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

Η ποιότητα του νερού άρδευσης για διάφορες τιμές του συντελεστή SAR έχει ως ακολούθως:

$SAR < 10$  εξαιρετική

$10 < SAR < 18$  καλή

$18 < SAR < 26$  μέτρια

SAR > 26 κακή

Στο διάγραμμα SAR υπάρχουν διαχωρισμοί σε κατηγορίες που υποδηλώνουν την ποιότητα του υπόγειου νερού και για το ποιες καλλιέργειες ενδείκνυται η χρησιμοποίησή του. Αυτές οι κατηγορίες είναι οι ακόλουθες (Αλεξιάκης Γ., 1998):

- C4-S3: αποδίδεται σε νερά με πολύ υψηλή αλατότητα και υψηλή αλκαλικότητα τα οποία είναι ακατάλληλα για άρδευση σε συνηθισμένες συνθήκες. Η χρήση τους απαιτεί πολύ περατό έδαφος για πλήρη αποστράγγιση και μεγάλη απόπλυση (Λέκκας Σ., Αλεξόπουλος Απ., 1984). Επιπλέον απαιτείται προσθήκη οργανικών ουσιών στο έδαφος.
- C4-S2: το νερό αυτό συνοδεύεται από μέσο κίνδυνο αλκαλίωσης και πολύ υψηλό κίνδυνο αλατότητας. Έτσι είναι ακατάλληλο για άρδευση με συνηθισμένες συνθήκες στράγγισης και περατότητας οπότε θέλει διαπερατά και καλά στραγγιζόμενα χονδρόκοκκα εδάφη (Ελληνας Α., 2005).
- C3-S2: για αυτόν τον τύπο νερού υπάρχει μέσος κίνδυνος αλκαλίωσης και υψηλός κίνδυνος αλατότητας οπότε είναι ακατάλληλος για εδάφη περιορισμένης στράγγισης. (Ελληνας Α., 2005).
- C3-S1: μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης και υψηλός κίνδυνος αλατότητας. Η χρήση του νερού αυτού πρέπει να γίνεται με προφύλαξη δηλαδή να μην χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά και εδάφη με περιορισμένες δυνατότητες στράγγισης. (Ελληνας Α., 2005).
- C2-S2: μέσος κίνδυνος αλκαλίωσης και μέσος κίνδυνος αλατότητας. Τα νερά αυτά είναι μέτριας ως καλής ποιότητας και χρησιμοποιούνται σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη με μέτρια απόπλυση και ανθεκτικά σε άλατα φυτά (Λέκκας Σ., Αλεξόπουλος Απ., 1984). (Ελληνας Α., 2005).
- C2-S1: μικρός κίνδυνος αλκαλίωσης και μέσος κίνδυνος αλατότητας. Τα νερά αυτά είναι κατάλληλα για εδάφη με μέτρια απόπλυση και καλή στράγγιση καθώς και για φυτά με μέτρια ανθεκτικότητα σε άλατα. (Ελληνας Α., 2005).

## **6.6 Ρύπανση Υπόγειων Νερών**

### **6.6.1 Εισαγωγή**

Παρά τους κινδύνους που διατρέχουν τα υπόγεια νερά από μολύνσεις και ρυπάνσεις, βρίσκονται πάντα σε πολύ ευνοϊκότερη θέση, σε σχέση με το θέμα αυτό από ότι τα επιφανειακά νερά. Αυτό εύκολα γίνεται αντιληπτό, από το γεγονός ότι τα υπερκείμενα των υπόγειων υδροφορέων πετρώματα, άλλα περισσότερο και άλλα λιγότερο δυσχεράνουν την είσοδο των μολυσματογόνων υλών και των ρυπαντών μέσα σε αυτούς, αλλά και οι ίδιοι υδροφορείς δυσχεραίνουν, άλλοι περισσότερο και άλλοι λιγότερο, τη μετάδοση και διάχυση αυτών (των μολυσματογόνων υλών και των ρυπαντών) σε σχέση με τα επιφανειακά νερά (Κουμαντάκης Ι., Υδρολογικές εισηγήσεις)

Ένα σημαντικότατο πλεονέκτημα των υπόγειων νερών σε σχέση με τα επιφανειακά είναι ότι βρίσκονται προστατευμένα από την εξάτμιση. (Κουμαντάκης Ι., Υδρολογικές εισηγήσεις)

Επιπλέον η γεωγραφική κατανομή τους σε σχέση με τα επιφανειακά νερά τους, δίνει ένα τρίτο πλεονέκτημα. Με άλλα λόγια τα ποτάμια και λίμνες που αποτελούν τους χώρους μέσα στους οποίους ρέουν ή βρίσκονται αποθηκευμένα τα επιφανειακά νερά, καταλαμβάνουν συνήθως γεωγραφικά πολύ περιορισμένη έκταση σε σχέση με αυτή που αναπτύσσονται τα υπόγεια νερά (Κουμαντάκης Ι., Υδρολογικές εισηγήσεις).

### **6.6.2 Τρωτότητα Υπόγειων Υδροφορέων**

Τρωτότητα ή ρυπαντική επιδεκτικότητα ή ευαλωσιμότητα (vulnerability) υπόγειων νερών ή υδροφορέων είναι η ευαισθησία ή η επιδεκτικότητα απέναντι στους ρύπους.

Η έννοια της τρωτότητας εισήχθη για πρώτη φορά από τον Margat το 1968 στη Γαλλία για να εκφράσει τον βαθμό προστασίας που προσφέρει το φυσικό περιβάλλον εναντίον της ρύπανσης των υπόγειων νερών. Οι βασικές παράμετροι που έλαβε υπόψη ο Margat ήταν το βάθος του υπόγειου νερού, η διαπερατότητα, η ταχύτητα του υπόγειου νερού και η σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών.

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

Η έννοια της τρωτότητας βασίζεται στην παραδοχή ότι το φυσικό περιβάλλον μπορεί να προστατεύσει σε κάποιο βαθμό το υπόγειο νερό. Συνεπώς κάποιες περιοχές είναι πιο ευάλωτες από κάποιες άλλες. Η τρωτότητα σχετίζεται με την ευκολία με την οποία ένας ρύπος, που εισάγεται στην επιφάνεια του εδάφους, μπορεί να φθάσει στον υδροφορέα κάτω από συγκεκριμένες πρακτικές διαχείρισης των χρήσεων γης σε μια περιοχή, με καθορισμένα χαρακτηριστικά του ρύπου και της ευαισθησίας του υδροφορέα. Έτσι η τρωτότητα του υπόγειου νερού είναι συνάρτηση τόσο των χαρακτηριστικών του υδροφόρου συστήματος, όσο και της απόστασης από την πηγή ρύπανσης, των χαρακτηριστικών του ρύπου και άλλων παραγόντων που μπορεί πιθανά να αυξήσουν το ρυπαντικό φορτίο του συγκεκριμένου ρυπαντή. (Λέκκας Σ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005).

Αντίθετα ευαισθησία του υδροφορέα (aquifer sensitivity) είναι η ευκολία με την οποία ένας ρύπος μεταναστεύει από την επιφάνεια του εδάφους στον υδροφορέα και είναι χαρακτηριστικό των γεωλογικών συνθηκών, της ακόρεστης και κορεσμένης ζώνης και ανεξάρτητη των χρήσεων γης και των χαρακτηριστικών του ρύπου. Με βάση τους ανωτέρω ορισμούς προκύπτει ότι, η τρωτότητα δεν ταυτίζεται με την ευαισθησία (Λέκκας Σ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005).

Η τρωτότητα διακρίνεται σε: ειδική (specific) που αναφέρεται σε συγκεκριμένο ρυπαντή ή ομάδα ρυπαντών και σε γενική ή ιδιοτρωτότητα (intrinsic) που σχετίζεται αποκλειστικά με τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα και του υπερκείμενου εδάφους, χωρίς εξειδίκευση σε κάποιο ρυπαντή. Σύμφωνα με τους Rao and Alley (1996) η ευαισθησία του υδροφορέα (aquifer sensitivity) ταυτίζεται με τη γενική τρωτότητα (intrinsic vulnerability). Πρέπει να τονιστεί ότι η έννοια της τρωτότητας δεν συνδέεται αποκλειστικά μόνο με τη ρύπανση ή τη μόλυνση των υπόγειων νερών, αλλά και με την ποσότητα αυτών, καθώς και με την επίδραση ακραίων καιρικών φαινομένων π.χ. ξηρασιών στη δίαιτα των υδροφόρων.

Η ακόρεστη ζώνη παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση της ρύπανσης, λόγω της βραδείας κίνησης του νερού και λόγω διαφόρων διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτήν, όπως: προσρόφηση και ανταλλαγή κατιόντων, χημικές αντιδράσεις, μείωση παθογόνων μικροοργανισμών κ.ά. Ο βαθμός εξασθένησης των ρύπων στην ακόρεστη ζώνη εξαρτάται από τη λιθολογία της, την κοκκομετρία, το πάχος, τα χαρακτηριστικά του ρύπου και τη συγκέντρωσή του κ.λπ. Στην εδαφική ζώνη και ιδιαίτερα στη ζώνη των ριζών μεγάλες ποσότητες χημικών στοιχείων εξασθενούν και αποδομούνται από μικροοργανισμούς. (Στουρνάρας, 1997).

Συμπερασματικά η έννοια της τρωτότητας πρέπει να αντιμετωπίζεται σε τρία στάδια (Στουρνάρας, 1997):

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

### **6.6.3 Πηγές Ρύπανσης των Υπόγειων Νερών**

Οι πηγές ρύπανσης ταξινομούνται ανάλογα με:

#### **(α) Γεωμετρία**

1. σημειακές (ΧΥΤΑ, χωματερές, βόθροι, υπόγειες δεξαμενές)
2. γραμμικές (δρόμοι, αύλακες)
3. διάχυτες (νιτρορρύπανση, όξινη βροχή)

#### **(β) Ρυθμός εκπομπής**

1. συνεχούς εκπομπής
2. στιγμιαίας εκπομπής

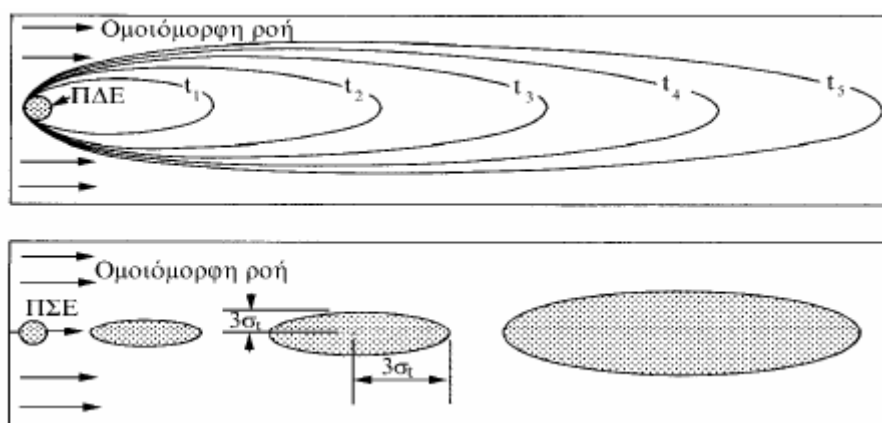
Οι περισσότερες πηγές ρύπανσης του γεωπεριβάλλοντος δηλ. του εδάφους και των υπόγειων νερών, προέρχονται από τις κάτωθι δραστηριότητες:

- Απόρριψη υγρών και στερεών αποβλήτων (λύματα, σκουπίδια κ.ά.)



- Χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων
- Διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων
- Προϊόντα μεταλλευτικής δραστηριότητας
- Διάθεση πυρηνικών αποβλήτων

Στις περιπτώσεις που η ρύπανση των υπόγειων νερών οφείλεται σε φυσικά αίτια, αυτό αποδίδεται: στην επίδραση ευδιάλυτων πετρωμάτων (γύψος, ορυκτό αλάτι κ.ά), στην έντονη εξάτμιση, που προκαλεί ανύψωση του υπόγειου νερού και απόθεση αλάτων, στην οξείδωση των πετρωμάτων και στη διείσδυση της θάλασσας. Το γεωμετρικό σχήμα της ρύπανσης ονομάζεται πλούμιο ή θύσανος (plume). Στο σχήμα 6.2 φαίνεται το πλούμιο από μια σημειακή πηγή ρύπανσης.



**Σχήμα 6.2:** Πλούμιο ρύπανσης σε ισότροπο υδροφόρο από σημειακή πηγή συνεχούς (επάνω) και στιγμιαίας (κάτω) εκπομπής ρυπαντή (Freeze-Cherry, 1979, από Καλλέργη, 2000). Αναλυτικά οι κυριότερες πηγές ρύπανσης περιγράφονται παρακάτω.

❖ **Οικιακά λύματα** (domestic sewage) ονομάζονται γενικά τα υγρά απόβλητα των κατοικιών, ιδρυμάτων ή άλλων εγκαταστάσεων μιας περιοχής, που είναι συνδεδεμένες με τις λειτουργίες της πόλης (ζαχαροπλαστεία, μαγειρεία, πλυντήρια). Αποτελούνται κατά μεγάλο ποσοστό από νερό, που περιέχει οργανικά και ανόργανα προϊόντα. Η δυσάρεστη οσμή τους οφείλεται στο οργανικό υλικό που υφίσταται αναερόβια βακτηριακή δράση.)

Τα οργανικά υλικά στα λύματα είναι συνήθως: χαρτιά, ούρα, κόπρανα, σαπούνια, απορρυπαντικά, υπολείμματα τροφών, έλαια, λίπη. Τα ανόργανα συστατικά είναι: αμμωνία, άλατα του αμμωνίου, άργιλος κ.ά. (Βουδούρης Κ., 2006).

Η ποσότητα των παραγόμενων λυμάτων ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και από χώρα σε χώρα. Η μέση ημερήσια παραγόμενη ποσότητα κυμαίνεται από 150-500 L/άτομο. Η διάθεση λυμάτων στους αποδέκτες δημιουργεί έντονα προβλήματα ρύπανσης, όπως: ευτροφισμό, ρύπανση υπόγειων υδροφορέων, ελάττωση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού των νερών, καταστροφή των βιοκοινωνιών τους κ.ά.. Σε μικρούς οικισμούς οι σηπτικές δεξαμενές και οι απορροφητικοί βόθροι είναι οι πιο κοινοί τρόποι διάθεσης των οικιακών λυμάτων (Βουδούρης Κ., 2006).

Ως "βλαβερά" συστατικά των λυμάτων θεωρούνται:

- α) τα αιωρούμενα στερεά
- β) τα οργανικά συστατικά
- γ) οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο και φωσφόρος)

Ο βαθμός καθαρισμού μιας εγκατάστασης καθορίζεται από το ποια από τα προαναφερθέντα "βλαβερά" συστατικά απομακρύνει. Τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα συστατικά απομακρύνονται σχεδόν πάντα, οπότε ο καθαρισμός χαρακτηρίζεται πρωτοβάθμιος. Ο δευτεροβάθμιος καθαρισμός (βιολογικός) αποσκοπεί στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των παθογόνων μικροοργανισμών (Βουδούρης Κ., 2006).

Τα αστικά λύματα επιβαρύνουν τους υδατικούς πόρους με βιοαποικοδομήσιμα υλικά και με θρεπτικά συστατικά που προκαλούν ευτροφίες. Πολλές λίμνες και κλειστοί κόλποι παρουσιάζουν προβλήματα ευτροφισμού με σημαντικές μεταβολές στο οικοσύστημά τους (Βουδούρης Κ., 2006).

Ο τριτοβάθμιος καθαρισμός αποσκοπεί στην απομάκρυνση με χημικούς τρόπους και των θρεπτικών στοιχείων (P, N), τα οποία είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του ευτροφισμού (Βουδούρης Κ., 2006).

❖ **Βιομηχανικά απόβλητα** ονομάζονται τα υγρά απόβλητα διαφόρων βιομηχανιών, που δεν περιέχουν απόβλητα από χώρους εξυπηρέτησης του προσωπικού. Τα βιομηχανικά απόβλητα είναι αποτέλεσμα της χρήσης νερού στη βιομηχανία, που έχει εμπλουτισθεί με διάφορα συστατικά σε μικρές ή μεγάλες συγκεντρώσεις και διακρίνονται σε βιολογικά και μη βιολογικά (Βουδούρης Κ., 2006).

- Τα βιολογικά περιλαμβάνουν τα απόβλητα των εργοστασίων παραγωγής τροφίμων, παραγωγής χαρτιού και επεξεργασίας υφαντικών ινών
- Τα μη βιολογικά είναι απόβλητα χημικών βιομηχανιών και περιέχουν ρυπαντές όπως: οξέα, βάσεις, χλώριο, κυανιούχα, μέταλλα, άλατα, υδρογονάνθρακες, φωσφορικά. (Βουδούρης Κ., 2006).

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα σε σύγκριση με τα αστικά λύματα παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά: Περιέχουν τοξικά στοιχεία, εμφανίζουν δυσκολία επεξεργασίας και μεγάλες διαφορές μεταξύ των αποβλήτων διαφόρων βιομηχανιών. Ένα μέρος των βιομηχανικών αποβλήτων χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα (hazardous) και απαιτούνται αυστηροί περιβαλλοντικοί περιορισμοί για τη διάθεσή τους στο γεωπεριβάλλον. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και άλλα απόβλητα, όπως τα νοσοκομειακά (Βουδούρης Κ., 2006).

Τα επικίνδυνα απόβλητα κατατάσσονται στις κάτωθι τέσσερις κατηγορίες (Καββαδάς, 1996), (Βουδούρης Κ., 2006).:

1. Ανόργανα απόβλητα σε διάλυση ή αιώρηση που περιέχουν βαρέα μέταλλα (μόλυβδο, υδράργυρο), αρσενικό, κάδμιο και κυανίδια (Βουδούρης Κ., 2006).
2. Οργανικά υδατοδιαλυτά απόβλητα (Aqueous Phase Liquids-APLs) Ανήκουν τα απόβλητα της φαρμακευτικής βιομηχανίας, της βιομηχανίας γεωργικών φαρμάκων, διαλύτες, χρώματα (Βουδούρης Κ. 2006).
3. Οργανικά μη υδατοδιαλυτά απόβλητα (Non-Aqueous Phase Liquids-NAPLs) Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα λιπαντικά, ελαιοχρώματα, ελαιώδεις διαλύτες, προϊόντα πετρελαίου. Τα μη αναμείξιμα εξ' αυτών με πυκνότητα μικρότερη του νερού **LNAPLs** (βενζίνη, πετρέλαιο κ.ά) επιπλέουν στο νερό και συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα, διαχεόμενα μόνον οριζόντια. Οι υδρογονάνθρακες έχουν τη δυνατότητα να παραμένουν επί πολύ χρόνο στην επιφάνεια των υπόγειων νερών, προσδίνοντας δυσάρεστη οσμή. Τα βαρύτερα **DNAPLs** (χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες) κινούνται κατακόρυφα στην ακόρεστη και κορεσμένη ζώνη και εγκαθίστανται πάνω στο αδιαπέρατο υπόβαθρο, ρυπαίνοντας έτσι τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες σε βάθος. (Βουδούρης Κ. 2006).

4. Απόβλητα με μορφή παχύρρευστων υγρών, ιλύος και στερεών Στην κατηγορία αυτή υπάγονται απόβλητα διύλιστηρίων και απόβλητα καθαρισμού των δεξαμενών πλοίων μεταφοράς πετρελαιοειδών (Βουδούρης Κ. 2006).

Τα βιομηχανικά απόβλητα υποβάλλονται σε επεξεργασία για να απαλλαγούν από τους ρυπαντές και να διατεθούν εν συνεχεία στο περιβάλλον ή να επαναχρησιμοποιηθούν (Βουδούρης Κ. 2006).

❖ **Αστικά απορρίμματα** (municipal waste) αποτελούνται από τρόφιμα, χαρτί, γυαλί, πλαστικά, φυτικές ύλες, υφάσματα, ξύλο, ελαστικά κ.ά. Πιθανόν πολλές φορές να περιέχουν και μικρές ποσότητες επικίνδυνων αποβλήτων, όπως: χρώματα, ορυκτέλαια, απορρυπαντικά κ.λπ. Σε πολλές χώρες, λόγω εφαρμογής προγραμμάτων ανακύκλωσης σε χαρτί, μέταλλα, γυαλί τα απορρίμματα περιέχουν μικρές ποσότητες των υλικών αυτών. Τα απορρίμματα περιέχουν και ποσότητα νερού, σε ποσοστό που κυμαίνεται από 25-60%. Τα στραγγίσματα ή διασταλάζοντα (leachates) από χώρους διάθεσης ή ταφής στερεών αποβλήτων είναι πλούσια σε ενώσεις του αζώτου, χλωριόντα, μόλυβδο, σίδηρο κ.ά. και μπορεί να αποτελέσουν σημαντική αιτία ρύπανσης και μόλυνσης των υπόγειων νερών (Βουδούρης Κ., 2006).

❖ **Τα απόβλητα μεταλλευτικής δραστηριότητας** (mining waste) παράγονται κατά την εξόρυξη ορυκτών πόρων σε ανθρακορυχεία, μεταλλεία και αποτελούνται από ένα ετερογενές μίγμα νερού και κονιορτοποιημένου ορυκτού και πιθανά περιέχουν και βαρέα μέταλλα, ως παραπροϊόντα (Βουδούρης Κ., 2006).

Με τις διαδικασίες αποκάλυψης των μεταλλευμάτων αφαιρείται ο προστατευτικός εδαφικός μανδύας και έτσι οι πιθανοί ρύποι οδηγούνται κατευθείαν στους υδροφόρους ορίζοντες. Συχνά οι μεταλλευτικές εργασίες επεκτείνονται κάτω από την επιφάνεια του υπόγειου νερού και απαιτείται στράγγιση (Βουδούρης Κ., 2006).

❖ **Απόβλητα γεωργο-κτηνοτροφικής δραστηριότητας**

Το νερό που επιστρέφει από τις αρδεύσεις διηθείται παρασέρνοντας διαλυμένες ουσίες στα υπόγεια νερά. Έτσι στοιχεία που περιέχονται στα λιπάσματα οδηγούνται στο υπόγειο νερό, ειδικά σε περιπτώσεις διαπερατών εδαφικών σχηματισμών. Οι πλέον επικίνδυνοι ρύποι είναι

τα νιτρικά ιόντα, τα οποία έχουν μεγάλη ευκινησία και μετακινούνται εύκολα από την ακόρεστη ζώνη στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. (Βουδούρης Κ., 2006).

Στην ακόρεστη ζώνη οι διαλυμένες ουσίες κινούνται κατακόρυφα προς την υπόγεια στάθμη και στην κορεσμένη ζώνη η υδραυλική κλίση προκαλεί την οριζόντια κίνηση του υπόγειου νερού και των ρύπων που περιέχονται σε αυτό (Βουδούρης Κ., 2006).

Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων με αποτέλεσμα την αύξηση των νιτρικών ιόντων έχει οδηγήσει σε πλήρη υποβάθμιση πολλούς υδροφόρους ορίζοντες, κυρίως φρεάτιους σε πολλές περιοχές της χώρας μας (Βουδούρης Κ., 2006).

Σημαντικές ποσότητες νερού από αυτές που χρησιμοποιούνται για άρδευση (περίπου το 10%) επιστρέφουν και τροφοδοτούν τον υποκείμενο υδροφόρο ορίζοντα (irrigation return flow). Το νερό αυτό είναι εμπλουτισμένο σε άλατα, τα οποία προστίθενται με τη διαδικασία της διάλυσης κατά την άρδευση ή στα άλατα των λιπασμάτων. Επικρατούντα ιόντα στην επιστρεφόμενη αρδευτική ροή είναι  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Το νερό αυτό αποτελεί σημαντική πηγή ρύπανσης των υπόγειων νερών, ειδικά στις περιοχές, όπου εφαρμόζεται εντατική άρδευση (Βουδούρης Κ., 2006).

Τα φυτοφάρμακα (εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, παρασιτοκτόνα) που χρησιμοποιούνται εντατικά στη γεωργία τις τελευταίες δεκαετίες αποτελούν σημαντικούς ρύπους για τα υπόγεια νερά. Τα στερεά απόβλητα κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων (κοπριές) είναι πλούσια σε νιτρικά και διαλυμένα άλατα και αποτελούν πιθανές πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων (Βουδούρης Κ., 2006).

Άλλες πιθανές αιτίες ρύπανσης του υπόγειου νερού είναι: τα ρευστά από τα νεκροταφεία, ο εμπλουτισμός από ρυπασμένα επιφανειακά νερά, η ρίψη  $\text{NaCl}$  για την αποπαγοποίηση των δρόμων (2-10 tn ανά km), η διείδυση της θάλασσας, τα διασταλάζοντα υγρά από τις χωματερές κ.ά. (Βουδούρης Κ., 2006).

Η αποσύνθεση των πτωμάτων στα νεκροταφεία γίνεται προοδευτικά και δημιουργεί ρευστά με υψηλό ρυπαντικό φορτίο, που αν αναμειχθούν με τα νερά της βροχής και κατεισδύσουν στους υδροφόρους ορίζοντες προκαλούν επικίνδυνες μολύνσεις. Η ποιοτική σύσταση των ρύπων από τα νεκροταφεία χαρακτηρίζεται από αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριόντων, θειικών, ενώσεων

αζώτου ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ), COD και παθογόνων μικροοργανισμών. Η ποσότητα των υγρών στραγγισμάτων από νεκροταφεία ανέρχεται σε 400 L/έτος/τάφο. Το υπέδαφος ενός νεκροταφείου πρέπει να εκπληρώνει τις κάτωθι προϋποθέσεις (Βουδούρης Κ., 2006).

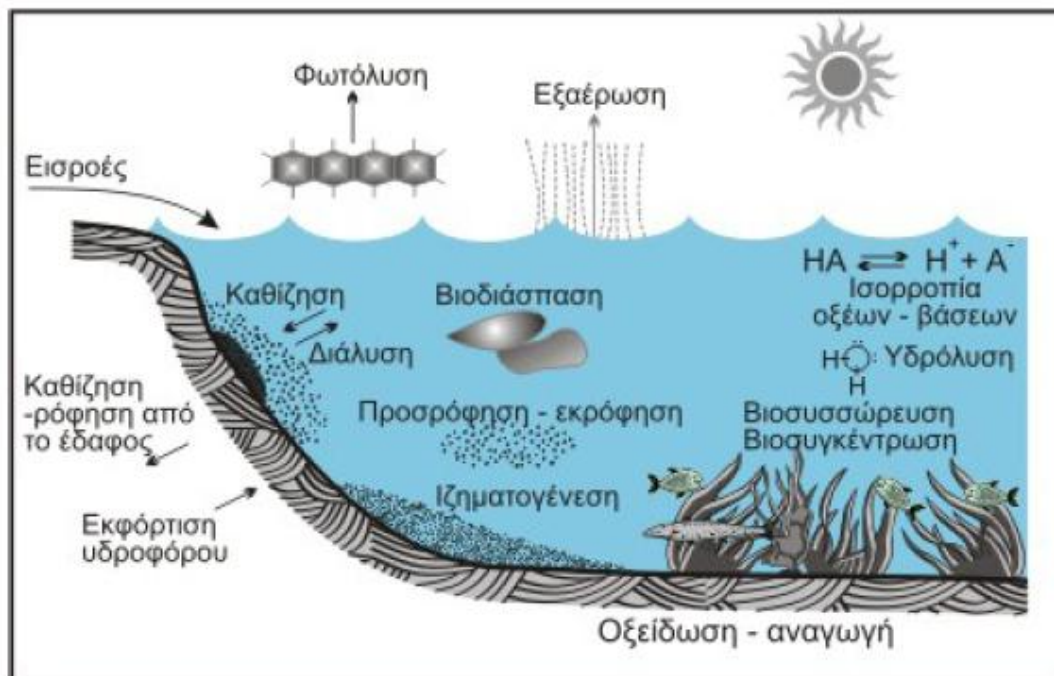
:

- Να είναι χαλαρό και όχι βραχώδες, ώστε να είναι εύκολος ο ενταφιασμός
- Ο υποκείμενος υδροφόρος ορίζοντας να είναι σε μεγάλο βάθος
- Το έδαφος πρέπει να είναι υδροπερατό και καλά αεριζόμενο, ώστε η αποσύνθεση να γίνεται γρήγορα. Στα αργιλικά εδάφη η διατήρηση των πτωμάτων είναι μακρόχρονη.
- Δεν πρέπει να λιμνάζουν νερά, γι' αυτό πρέπει να κατασκευάζεται επιφανειακό δίκτυο αγωγών για την αποχέτευση των ομβρίων υδάτων.
- Το ανάγλυφο της περιοχής να είναι σχετικά ομαλό και η εδαφική επιφάνεια επίπεδη, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος κατολισθήσεων και ερπυσμού του εδαφικού μανδύα.
- Απαιτείται η κατασκευή ενός περιφερειακού στραγγιστηρίου βάθους  $>2$  m
- Σε όλη την έκταση του νεκροταφείου πρέπει να κατασκευάζεται ένα δίκτυο στράγγισης 2,5 m βαθύτερα από τον πυθμένα των μελλοντικών τάφων, ώστε να συλλέγονται τα μολυσμένα νερά.
- Η δένδροφύτευση του χώρου του νεκροταφείου συμβάλλει στην αποσύνθεση των αζωτούχων ενώσεων.
- Η χωροθέτηση του νεκροταφείου πρέπει να εξετάζεται σχολαστικά σε σχέση με πηγές ύδρευσης, υδρορεύματα, οικισμούς, νοσοκομεία, δημόσιους χώρους κ.λπ.

Στον πίνακα 6.3 αναφέρονται οι κυριότεροι τρόποι ρύπανσης των νερών, το είδος των ρύπων και η επίδραση της ρύπανσης στο περιβάλλον και στο σχήμα 6.3 παρουσιάζεται ένα παραστατικό διάγραμμα, όπου αποτυπώνονται οι κυριότερες διαδικασίες μεταφοράς των ρύπων στο υδατικό περιβάλλον.

Πηγή	Είδος ρύπου	Επίδραση
Χημικές βιομηχανίες Μεταλλουργεία	Cu, Pb, Zn, Cd, Hg Co, Cr, Ag, As, CN	Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Χημικές βιομηχανίες Βιομηχανίες τροφίμων Φαρμακευτικές βιομηχανίες Χαρτοποιεία	Φαινόλες, Αμμωνία Απορρυπαντικά, Ίνες χαρτιού	Ελαττώνουν το οξυγόνο Φαινόμενα ευτροφισμού Τοξικά προϊόντα (αμμωνία, φαινόλες) Ελάττωση της οικολογικής ποικιλότητας
Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)	Βαρέα μέταλλα, Αέρια Οργανικές ενώσεις, Ανόργανες ενώσεις	Ρύπανση υπόγειων υδροφόρων
Αγροτικές δραστηριότητες	Λιπάσματα, Εντομοκτόνα Παρασιτοκτόνα	Αύξηση νιτρικών ιόντων Καρκινογένεσεις
Κτηνοτροφικές δραστηριότητες Σφαγεία	Αζωτο, Φωσφόρος Βακτήρια, Μύκητες	Ρύπανση και μόλυνση υπόγειων και επιφανειακών νερών
Οξίνη βροχή	Οξείδια S και N	Καταστροφή καλλιεργιών, δασών κ.λπ.
Πυρηνικοί σταθμοί	Ραδιενέργεια στο νερό	Γενετικές αλλοιώσεις Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Διυλιστήρια Διαρροές υδρογονανθράκων	Υδρογονάνθρακες Πετρέλαιο, Ασφαλτος	Καταστροφή πανίδας και χλωρίδας Εμποδίζουν την οξυγόνωση του νερού
Μεταλλευτικές Δραστηριότητες	Αιωρούμενα στερεά, Ορυκτές ενώσεις Οξίνα απόβλητα	Ρύπανση αέρα και υπόγειων νερών Καθιζήσεις εδάφους
Ενεργειακοί σταθμοί Βιομηχανίες	Θερμό νερό	Θανάτωση των αυγών των ψαριών Ελάττωση του O <sub>2</sub> , αύξηση του ρυθμού μεταβολισμού των οργανισμών
Διείσδυση της θάλασσας	Άλατα	Καταστροφή παράκτιων υδροφόρων οριζόντων

**Πίνακας 6.3 :** Πηγές ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών (Βουδούρης Κ., 2006).



**Σχήμα 6.3:** Μεταφορά ρυπαντών στο υδατικό περιβάλλον (Καλλέργης, 2001).

## 6.7 Μικροβιακή Ρύπανση Υπόγειων Νερών

### 6.7.1 Γενικά χαρακτηριστικά των Μικροοργανισμών

Τα γενικά γνωρίσματα των μ/ο είναι ότι έχουν μεγάλη τιμή επιφάνειας προς όγκο, μεγάλη μεταβολική ευελιξία και μεταφέρονται εύκολα με τον αέρα και το νερό. Ειδικότερα, το μικρό τους μέγεθος έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση επαφή τους με το περιβάλλον και καθώς η αναλογία της επιφάνειας προς τον όγκο τους είναι πολύ μεγάλη, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επιδρούν άμεσα. Για το λόγο αυτό, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στις μεταβολές της θερμοκρασίας, του pH, του φωτός, των οργανικών και ανόργανων θρεπτικών, του οξυγόνου, του νερού και πολλών άλλων παραμέτρων. Η μεγάλη μεταβολική τους αξία προσδίδει στους μ/ο την ικανότητα να έχουν ικανοποιητική προσαρμοστικότητα, με αποτέλεσμα οι ρυθμιστικοί τους μηχανισμοί να είναι πιο ευέλικτοι από ότι στα ανώτερα φυτά και ζώα. (Αντωνιάδου Μ., 2003).

Οι μικροοργανισμοί και ειδικότερα τα βακτηρίδια μπορούν να μεταφερθούν εύκολα μέσω του αέρα ή του νερού διανύοντας μεγάλες αποστάσεις. Αυτό μπορεί να βοηθήσει την επιβίωση τους, ο πολλαπλασιασμός τους, ωστόσο, μπορεί να παρουσιάζει έντονες μεταβολές οι οποίες είναι άμεσα εξαρτώμενες από την προσφορά των θρεπτικών. (Αντωνιάδου Μ., 2003).

Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα των μ/ο αποτελεί η εύκολη διερεύνηση και μελέτη των πληθυσμών τους, εφόσον αυτοί απομονωθούν και μελετώνται εργαστηριακά. (Αντωνιάδου Μ., 2003)

Οι συνθήκες που επικρατούν σε έναν υπόγειο υδροφόρο είναι η απουσία φωτός, η αδυναμία ανανέωσης οξυγόνου και η μικρή διακύμανση της θερμοκρασίας (περίπου 16-18 °C). Οι παράγοντες που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στους μ/ο αφορούν κυρίως:

- Στην τιμή του pH, η οποία επηρεάζει την διαβίωση και την πρόσληψη των θρεπτικών. Επίσης το pH επηρεάζει τη διαλυτότητα πολλών μορίων τα οποία έμμεσα επηρεάζουν τους μ/ο.
- Στο δυναμικό οξειδοαναγωγής, διότι ορισμένοι μ/ο μπορούν να είναι δραστήριοι σε οξειδωμένα περιβάλλοντα ενώ άλλοι να επιβιώνουν μόνο σε αναγωγικές συνθήκες. Καθαρὰ αερόβιοι μ/ο μπορούν να είναι δραστήριοι μόνο σε θετικό δυναμικό οξειδοαναγωγής ενώ το αντίθετο συμβαίνει στους αναερόβιους μ/ο.
- Στη θερμοκρασία, η οποία προσδιορίζει τον τρόπο ανάπτυξης και τη δυνατότητα δραστηριοποίησης των μ/ο. Η ανικανότητα ανάπτυξης σε μια ειδική θερμοκρασία δε σημαίνει



ότι ένας μ/ο οδηγείται σε θάνατο. Σε δυσμενείς συνθήκες αναπτύσσονται ενδοσπόρια και κύστες που βοηθούν στην επιβίωση για μεγάλο χρονικό διάστημα, μέχρι να δημιουργηθούν ευνοϊκές συνθήκες.

➤ Στην συγκέντρωση οργανικών και ανόργανων συστατικών, που δρουν σαν θρεπτικό συστατικό υπόστρωμα και βοηθούν την ανάπτυξη των μ/ο.

➤ Στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το ορατό φως (320nm-800nm) αποτελεί πηγή ζωής ενώ η υπεριώδης ακτινοβολία (1-320 nm) είναι καταστρεπτική για τους μ/ο

➤ Στην πίεση. Η ατμοσφαιρική πίεση έχει μικρή πολύ μικρή επίδραση στους μ/ο. όσον αφορά την υδροστατική πίεση υπάρχουν μ/ο που είναι ευαίσθητοι, βαροανθεκτικοί είτε βαροφιλικοί.

### **6.7.2 Μόλυνση των Υπόγειων Υδάτων**

Τα υπόγεια νερά έχουν μικρή συγκέντρωση οργανικού υλικού εξαιτίας του φιλτραρίσματος που πραγματοποιείται στην ακόρεστη ζώνη, με αποτέλεσμα να παρατηρείται και μια αναλογική ελάττωση του υλικού με την αύξηση του βάθους. Οι μικροβιακοί ρύποι μπορούν να εισέλθουν σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα μέσω των ρωγμών και των πόρων. Οι μ/ο μέσα στους πόρους του εδάφους μπορεί είτε να επιπλέουν εάν υπάρχει επάρκεια νερού είτε να είναι προσκολλημένοι στις επιφάνειες των στερεών . αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα δείγματα νερού από πηγές και λυσιμέτρα ενδεχομένως να μην περιλαμβάνουν τους γηγενείς μ/ο. Στις περιπτώσεις που επιπλέουν, η μεταφορά τους γίνεται μαζί με το νερό καθώς αυτό κατεισδύει. . (Αντωνιάδου Μ., 2003).

Οι μ/ο μπορούν να ικανοποιούν τις ανάγκες τους σε οργανικές και ανόργανες πηγές C, N, P, S, Ca, Mg καθώς και σε άλλες ουσίες που βρίσκονται στα υπόγεια νερά και είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη τους. (Αντωνιάδου Μ., 2003).

Όταν υπάρχει προβληματισμός σχετικά με την εν δυνάμει ρύπανση των υπόγειων υδάτων από μ/ο, θα πρέπει να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα:

- ✓ Ποιοι μ/ο μπορούν να διαφύγουν στον υπόγειο υδροφόρο
- ✓ Ποιες είναι οι συνθήκες εκείνες οι οποίες αυξάνουν την πιθανότητα αυτής της διαφυγής
- ✓ Με πιο τρόπο κινούνται οι μ/ο σε έναν υδροφόρο

- ✓ Πόσο συχνά αντλείται το νερό από τις περιοχές που κρίνονται ότι έχουν υποστεί ρύπανση καθώς και ιδιοκτησιακό καθεστώς
- ✓ Τι άλλες μορφές μπορεί να έχει η διαφυγή πέραν της ‘απλής διάχυσης.’
- ✓ Ποια η χρονική στιγμή που παρουσιάστηκε ο κίνδυνος ρύπανσης ή άρχισε να θεωρείται πλέον ρυπασμένος ο υπόγειος υδροφορέας
- ✓ Τα νομικά όρια επικινδυνότητας της χρησιμοποίησης των εκάστοτε πηγών μόλυνσης
- ✓ Η χρησιμοποίηση αναλυτικών εργαλείων ανίχνευσης της υπόγειας ρύπανσης
- ✓ Η συστηματοποίηση στον έλεγχο των υπόγειων νερών
- ✓ Ανάπτυξης μοντέλων συμπεριφοράς και κατάληξης των ρύπων
- ✓ Η ανάπτυξη μιας βάσης πληροφοριών σχετικά με τις επιπτώσεις των μ/ο στο περιβάλλον.
- ✓ Τέλος, θα μπορούσε να υπάρχει μια ολοκληρωμένη διαχείριση των εναλλακτικών εφαρμογών της πηγής που προκάλεσε τη μόλυνση, ενδεχομένως από το κατασκευαστικό στάδιο.

### **7.1 Εκτίμηση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων**

Ως προς την ποιότητα των υπόγειων υδάτων δεν υπάρχουν στοιχεία για την περιοχή μελέτης. Υπάρχουν ωστόσο στοιχεία για γειτονικές περιοχές, που ενδεχομένως να βοηθήσουν, ελλείψει άλλων στοιχείων, να διατυπωθούν κάποιες εκτιμήσεις για την περιοχή μελέτης.

Σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις υπόγειων υδάτων στις ανατολικές και νοτιοανατολικές παρυφές του Υμηττού διαπιστώθηκε η θαλάσσια διείσδυση (υφαλμύριση) σε απόσταση πολλών χιλιομέτρων από τις ακτές του Σαρωνικού, κατά μήκος των οποίων πραγματοποιείται η εκφόρτιση των καρστικών υδροφόρων με σειρά πηγαιών και υποθαλάσσιων αναβλύσεων (πηγές Βουλιαγμένης, Λουμπάρδας, Αγ. Μαρίνας), (Γεωργαλάς Λ., 1996). Επίσης, στην ίδια περιοχή διαπιστώθηκε η ρύπανση των υπόγειων υδάτων από αγροτικής κυρίως προέλευσης. Στην ανατολική και νότια περιοχή του Υμηττού, η πλειοψηφία των δειγμάτων έχει χλώρια πάνω από το επιτρεπτό όριο ποσιμότητας (Γεωργαλάς Λ., 1996). Επίσης ως προς την καταλληλότητά τους προς άρδευση τα νερά των περιοχών αυτών, ανήκουν στις κατηγορίες C3-S1, C4-S1, C3-S2, C4-S2, C4-S3 ή ακόμη χειρότερα (έξω από τα διαγράμματα ταξινόμησης) και εκπροσωπούν νερά μέτριας έως πολύ κακής ποιότητας (Γεωργαλάς Λ., 1996).

Όσον αφορά την περιοχή της Αναβύσσου, οι Κουμαντάκης κ.ά., 1986 & Κουμαντάκης κ.ά., 1988 διαπίστωσαν ότι παρατηρείται αύξηση της αγωγιμότητας, καθώς και αύξηση της ολικής σκληρότητας, συναρτήσκει του χρόνου, που συνδέεται με την περαιτέρω υποβάθμιση της ποιότητας των νερών.

Η Μποσινάκου Π., 2002, αναφέρει ότι στην περιοχή της Αναβύσσου η αγωγιμότητα διατηρεί υψηλές τιμές σε όλη την έκταση της λεκάνης. Η καμπύλη των 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  βρίσκεται σε απόσταση 5,4 km από την ακτή και τις δύο περιόδους δειγματοληψίας (Ιουνίου-Ιουλίου & Οκτωβρίου 2001), επίσης παρατηρεί αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων, που σχετίζεται με την εντατική χρήση λιπασμάτων κυρίως την πρώτη περίοδο.

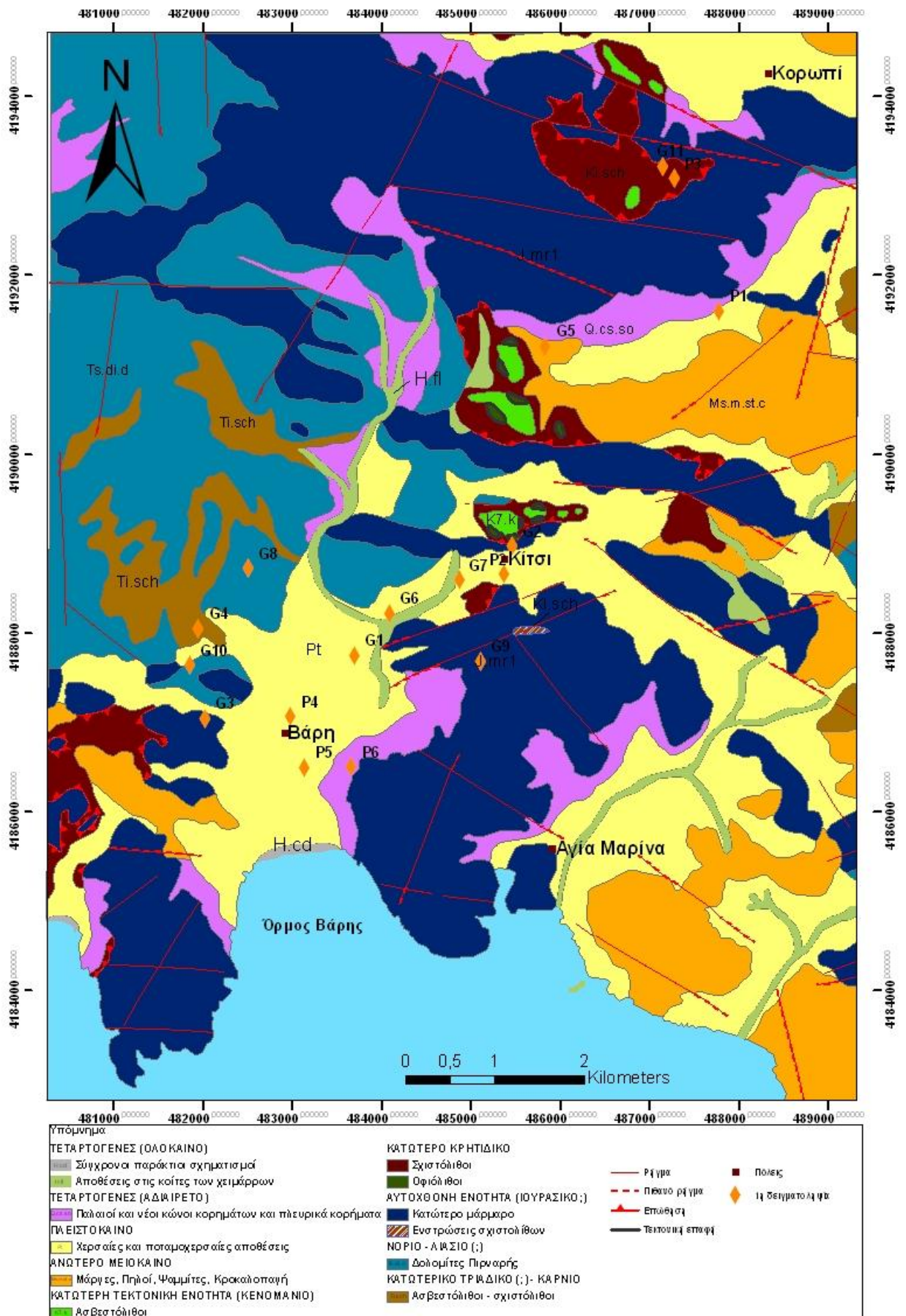
Στην περιοχή του Κορωπίου, οι συγκεντρώσεις χλωρίου στον αβαθή ελεύθερο υδροφόρο πρέπει να αποδοθούν σε ανθρωπογενή αίτια (αστικά λύματα και ανεξέλεγκτη απόθεση

απορριμμάτων). Αντιθέτως δείγματα από γεωτρήσεις βάθους που εισέρχονται μέσα στον καρστικό υδροφορέα του κατώτερου μαρμάρου δείχνουν σαφή σημάδια υφαλμύρωσης με προέλαση όμως του θαλάσσιου μετώπου από την μεριά του Σαρωνικού και όχι από την θαλάσσια περιοχή ανατολικά της λεκάνης των Μεσογείων (Ελληνας 2005). Ενδείξεις μαρτυρούν ότι η προαναφερθείσα προέλαση είναι πολύ πιθανό να έχει επηρεάσει και την περιοχή της Παιανίας (Γεωργαλάς Λ., 1996).

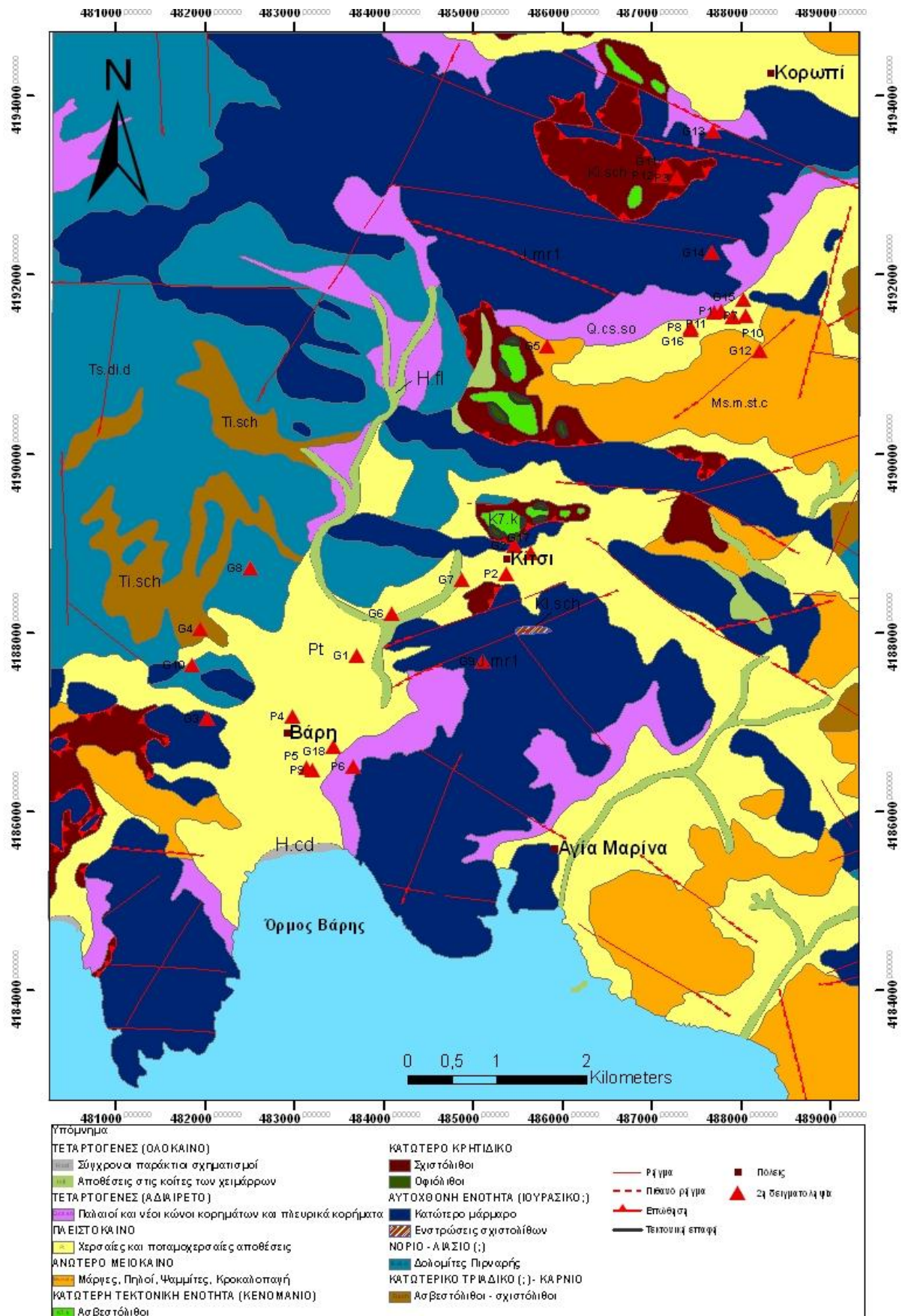
Με βάση τα προαναφερθέντα στοιχεία και δεδομένου ότι η περιοχή μελέτης παρουσιάζει παρόμοια γεωλογικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά, θεωρείται σχεδόν βέβαιη η υφαλμύριση των υπόγειων νερών της λεκάνης Βάρης - Βάρκιζας.

## **7.2 Συλλογή δειγμάτων υπαίθρου**

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις υπόγειων νερών σε δυο διαφορετικές περιόδους δειγματοληψίας, την περίοδο 19 – 20 Ιουλίου 2012 και 6-7 Νοεμβρίου 2012. Για την δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας, έγινε επίσης και μικροβιολογική ανάλυση. Ο συνολικός αριθμός των δειγμάτων για την περίοδο 19-20 Ιουλίου είναι 17, ενώ για την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου είναι 30. Η εργαστηριακή ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε κατά την διάρκεια 23-25/7 και 8-12/11 2012. Τα σημεία δειγματοληψίας είναι χωρικά κατανεμημένα, σε όλη σχεδόν την έκταση της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Βάρης - Βάρκιζας, όπως φαίνεται και από τους χάρτες 7.1 και 7.2 όπου και απεικονίζονται.



**Χάρτης 7.1:** Θέσεις 1<sup>ης</sup> περιόδου δειγματοληψίας (19 – 20 Ιουλίου 2012) με υπόβαθρο τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Χάρτης 7.2:** Θέσεις 2<sup>ης</sup> περιόδου δειγματοληψίας (6-7 Νοεμβρίου 2012) με υπόβαθρο τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

Τα σημεία δειγματοληψίας επιλέχθηκαν, έτσι ώστε να επιτευχθεί μια όσο το δυνατόν καλύτερη κατανομή τους στον χώρο και κάλυψη σχεδόν όλης της έκτασης της περιοχής μελέτης.

Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε ότι, τα κριτήρια επιλογής των σημείων δειγματοληψίας ήταν τα ακόλουθα:

- ✓ ο εντοπισμός περιοχών με προβλήματα υφαλμύρωσης ή ρύπανσης από αγροτικές δραστηριότητες, νεκροταφεία, παλιά εργοστάσια
- ✓ η προσπάθεια ταύτισης των σημείων δειγματοληψίας με σημεία για τα οποία έχουν γίνει και στο παρελθόν δειγματοληψίες και χημικές αναλύσεις νερού και τέλος
- ✓ η συλλογή στοιχείων από περιοχές για τις οποίες δεν βρέθηκαν πληροφορίες από προηγούμενες μελέτες και επομένως θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι αποτελούν νέα δεδομένα.

Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας αντιμετωπίστηκαν διάφορες δυσκολίες, με κυριότερη την άρνηση της συλλογής δείγματος νερού, από ιδιώτες των γεωτρήσεων λόγω της καχυποψίας, που υπήρχε ότι οι χημικές αναλύσεις, εφόσον δείξουν υπέρβαση κάποιων ορίων, θα έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην επαγγελματική τους δραστηριότητα (αγρότες ή ιδιοκτήτες θερμοκηπίων). Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, την δυσκολία της προσπάθειας αναζήτησης υδροληπτικών έργων στα περίχωρα της περιοχής μελέτης. Παράλληλα υπήρξαν και περιστατικά πρόθυμων ιδιοκτητών, που επέτρεψαν την δειγματοληψία νερού από το πηγάδι τους ή την γεώτρηση τους, γιατί είχαν να κάνουν πολλά χρόνια έλεγχο της ποιότητας νερού (μερικοί πάνω από δέκα χρόνια!!!) και έδειξαν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για τις αναλύσεις του υδροληπτικού τους έργου, αφού γνώριζαν και έλεγαν ότι η περιοχή έχει «κακό νερό».

### **7.3 Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων**

Αμέσως μετά από την ολοκλήρωση της συλλογής των δειγμάτων έγινε η εργαστηριακή ανάλυση. Η διαδικασία προσδιορισμού των ιόντων αναλύεται στην συνέχεια.

#### **♦ Χημικές αναλύσεις**

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν προσδιόρισαν τα εξής:

- ✓ Τα ιόντα  $\text{HCO}_3^-$  (όξινα ανθρακικά),  $\text{Cl}^-$  (χλώρια),  $\text{Ca}^{2+}$  (ασβέστια) και  $\text{Mg}^{2+}$  (μαγνήσια) προσδιορίστηκαν με την μέθοδο της τιτλοδότησης με τη βοήθεια της συσκευής DREL/5 της

HACH. Χρησιμοποιήθηκε ένεση της EDTA, σε συνδυασμό με διάλυμα Potassium Hydroxide και αντιδραστήριο CalVer, για τα ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  και η ίδια ένεση EDTA με διάλυμα Buffer Solution Hardness και αντιδραστήριο ManVer για τα  $\text{Mg}^{2+}$ . Για τα  $\text{HCO}_3^-$  και για τα  $\text{Cl}^-$  χρησιμοποιήθηκαν ένεση της EDTA με αντιδραστήριο Brom Cresol Green-Methyl red indicator και ένεση της EDTA με αντιδραστήριο Dipheny carbozone reagent αντίστοιχα.

✓ Τα νιτρικά  $\text{NO}_3^-$  και τα θειικά  $\text{SO}_4^{2-}$  προσδιορίστηκαν με φορητή ψηφιακή συσκευή φασματοφωτόμετρου μοντέλου DR 2100 της εταιρείας HACH με την χρήση ανάλογων κάθε φορά αντιδραστηρίων. Σχεδόν σε όλα τα δείγματα ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των στοιχείων έγιναν αραιώσεις των δειγμάτων μέχρι και 1:5.

✓ Τα κάλια  $\text{K}^+$  και τα νάτρια  $\text{Na}^+$  μετρήθηκαν με φλογοφωτόμετρο (Digital Flame Analyzer) τύπου Gallenkamh. Αραιώσεις έγιναν στα δείγματα σε αναλογία που έφτασε μέχρι και 1:3.

Οι συγκεντρώσεις των ιόντων μετρούνται σε ppm (= mg/l, η ισότητα ισχύει όταν το νερό έχει θερμοκρασία που κυμαίνεται από 4 – 100°C και τα συνολικά διαλυμένα στερεά έχουν συγκέντρωση μικρότερη από 7000 mg/l). Στην υδροχημεία των υπόγειων νερών είναι σύνηθες και πρακτικό να χρησιμοποιούνται τα ισοδύναμα βάρη (meq/l), προκειμένου να γίνεται κατανοητή η αλληλεπίδραση των ιόντων. Για παράδειγμα, σε μια αντίδραση ιοανταλλαγής, ιόντα ασβεστίου στο διάλυμα μπορεί να αντικατασταθούν από ιόντα νατρίου. Η συνολική όμως συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου και νατρίου (σε ισοδύναμο ανά λίτρο) θα μείνει σταθερή, γιατί ένα ισοδύναμο ασβεστίου αντικαθιστάται από ένα ισοδύναμο νατρίου. Το πλεονέκτημα αυτό δεν υφίσταται στην περίπτωση στοιχείων, που δεν απαντούν με την ιοντική τους μορφή π.χ Si, οπότε δεν είναι απαραίτητο η συγκέντρωσή τους να εκφράζεται σε ισοδύναμα βάρη (Λαμπράκης Ν., 1989).

## **7.4 Επεξεργασία αποτελεσμάτων – αναλύσεων**

### **7.4.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά**

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας (19 – 20 Ιουλίου & 6-7 Νοεμβρίου 2012.) παρουσιάζονται, στον πίνακα 7.1, που ακολουθεί. Στον ίδιο πίνακα δίνονται επιπλέον και τα στατιστικά στοιχεία: η μέση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή και η τυπική απόκλιση.



**Πίνακας 7.1:** Ποιοτικοί παράμετροι του υπόγειου νερού (περίοδος Ιουλίου – Νοεμβρίου).

	Κωδικός	Ph		E.C.μS/cm		T.D.S		Ολική σκληρότητα mg/l CaCO3		T° C	
		Ιούλιος	Νοέμβριος	Ιούλιος	Νοέμβριος	Ιούλιος	Νοέμβριος	Ιούλιος	Νοέμβριος	Ιούλιος	Νοέμβριος
Γεωτρήσεις	G1	7,18	7,40	1557,00	1506,00	932,43	1179,10	491,18	488,09	24,60	22,20
	G2	7,09	7,10	2250,00	2550,00	1346,13	1625,00	519,18	512,06	25,60	24,90
	G3	6,99	7,00	1417,00	1392,00	980,52	1041,10	516,14	431,96	31,10	22,30
	G4	7,72	7,30	2200,00	2240,00	1126,67	400,60	621,50	279,92	31,10	31,30
	G5	7,27	7,10	1178,00	1219,00	836,16	828,90	406,11	343,17	26,60	24,40
	G6	7,21	7,20	1143,00	1182,00	822,56	929,80	443,12	384,14	24,00	21,80
	G7	7,04	7,10	2380,00	2700,00	1514,15	1843,90	672,20	776,45	23,20	21,90
	G8	7,09	7,20	1811,00	1769,00	1152,73	1316,40	600,20	608,02	24,00	22,30
	G9	6,96	7,00	2040,00	2330,00	1260,98	1555,70	532,16	592,02	23,60	22,90
	G10	7,01	7,10	2100,00	2080,00	1398,24	1502,00	571,16	560,27	24,50	23,90
	G11	7,09	7,10	3250,00	1242,00	1951,34	971,10	581,16	400,23	26,50	26,60
	G12		7,30		2340,00		1477,70		600,06		23,70
	G13		7,10		2910,00		1724,00		556,12		23,80
	G14		7,10		5940,00		3361,40		840,08		27,20
	G15		7,20		2410,00		1545,70		568,12		25,10
	G16		6,90		2800,00		1842,90		720,61		21,30
	G17		7,30		1808,00		1251,70		480,04		25,00
	G18		7,50		1824,00		1401,80		504,26		22,70
Πηγάδια	P1	7,23	7,40	1151,00	1164,00	813,96	926,80	446,14	456,06	20,20	20,10
	P2	6,77	6,70	3440,00	3650,00	2146,39	2488,10	1087,30	1256,59	22,30	20,20
	P3	7,08	7,20	1369,00	1411,00	932,58	1019,40	365,00	448,26	19,20	19,70
	P4	7,24	7,30	1200,00	1199,00	886,98	980,90	384,11	368,16	21,40	20,40
	P5	7,03	7,10	1221,00	1231,00	892,18	1008,10	426,13	376,18	21,20	21,50
	P6	7,32	7,30	2080,00	1928,00	1496,92	1386,70	521,14	496,34	19,40	21,80
	P7		7,50		3120,00		1942,80		960,56		20,30
	P8		7,50		364,00		374,20		192,20		19,80
	P9		7,20		2030,00		1317,90		496,00		22,00
	P10		7,30		2180,00		1588,70		760,49		20,50
	P11		7,60		656,00		755,20		367,92		21,50
	P12		7,50		921,00		770,00		336,22		15,30
Στατιστικά στοιχεία	Μέση τιμή	7,14	7,22	1869,82	2003,20	1222,41	1378,59	543,30	538,69	24,03	22,55
	Ελάχιστη	6,77	6,70	1143,00	364,00	813,96	374,20	365,00	192,20	19,20	15,30
	Μέγιστη	7,72	7,60	3440,00	5940,00	2146,39	3361,40	1087,30	1256,59	31,10	31,30
	Τυπική απόκλιση	0,20	0,20	705,37	1063,02	510,04	571,32	170,33	217,19	3,48	2,88

Από τον παραπάνω πίνακα 7.1, προκύπτουν τα εξής:

- Η τιμή του pH κυμαίνεται από 6,77 μέχρι 7,72, με μέση τιμή 7,14 για τον Ιούλιο και 7,22 για τον Νοέμβριο, υποδηλώνοντας αλκαλική συμπεριφορά και ίσως γρήγορη ανανέωση των υπόγειων νερών. Έτσι λοιπόν, παρατηρείται μια αύξηση του pH από τον μήνα Ιούλιο στο μήνα Νοέμβριο.
- Η μέση τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τον μήνα Ιούλιο είναι 1869,82  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ενώ για τον μήνα Νοέμβρη 2003,20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Επίσης παρουσιάζεται μεγάλη διασπορά και στις δύο περιόδους.
- Η συμπεριφορά των συνολικά διαλυμένων στερεών (T.D.S) παρουσιάζει μέση τιμή 1222,41 mg/l για την περίοδο Ιουλίου και 1378,59 mg/l τον Νοέμβριο και μεγάλη διασπορά και στις δύο περιόδους.
- Η πλειονότητα των υπόγειων νερών με βάση την ολική σκληρότητα ανήκει στην κατηγορία των πολύ σκληρών νερών (T.H. > 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ). Στο Παράρτημα I, κεφάλαιο 2 (Υδροχημικές αναλύσεις) παρουσιάζεται στον πίνακα 1 η μόνιμη σκληρότητα, η παροδική και η ολική, των δύο περιόδων δειγματοληψίας.
- Η θερμοκρασία του υπογείου νερού στην περιοχή μελέτης κυμαίνεται για τον μήνα Ιούλιο από 19,20 °C μέχρι 31,10 °C, ενώ για τον μήνα Νοέμβρη κυμαίνεται από 15,3 °C μέχρι 31,3 °C.

Για την καλύτερη κατανόηση και παρουσίαση της κατανομής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, αλλά και της θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης, δημιουργήθηκαν υδροχημικοί χάρτες, με τις καμπύλες αγωγιμότητας και θερμοκρασίας για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας Ιουλίου και Νοέμβρη 2012.

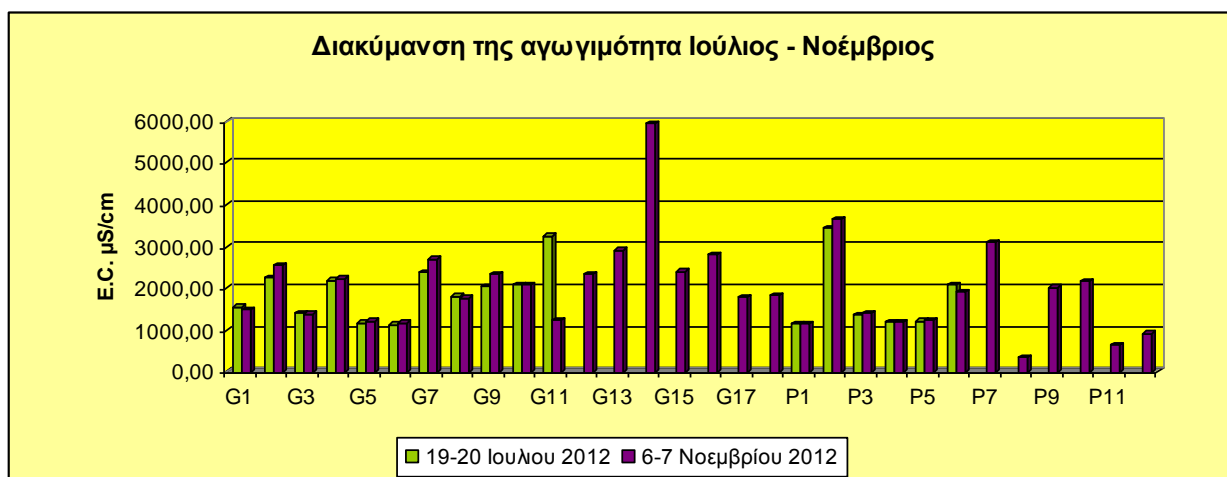
#### **7.4.1.1 Κατανομή αγωγιμότητας**

Στους υδροχημικούς χάρτες 7.3 & 7.4 που ακολουθούν, παρουσιάζεται η κατανομή της αγωγιμότητας στην περιοχή μελέτης, για την περίοδο του Ιουλίου και Νοεμβρίου 2012 αντίστοιχα.

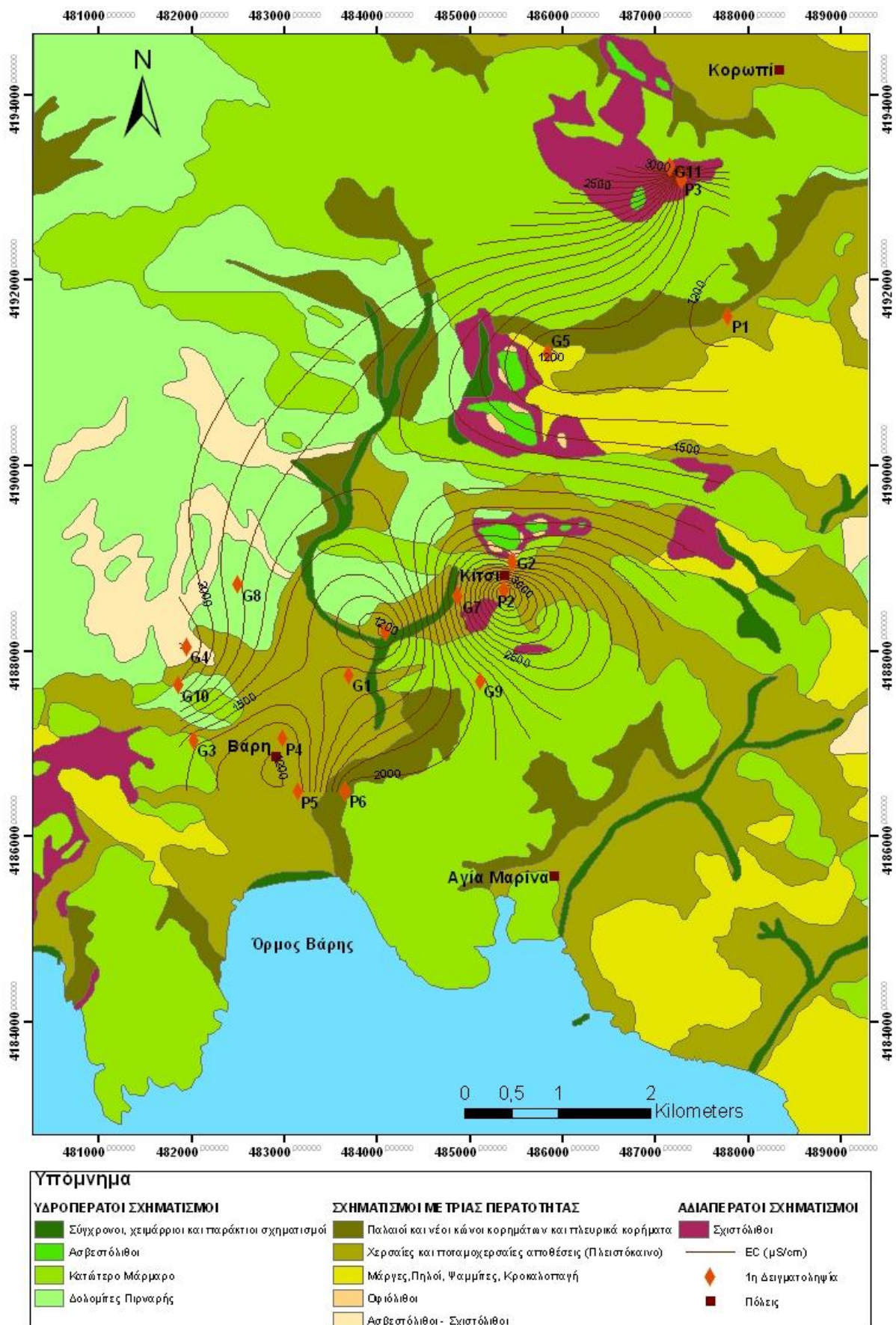
Την περίοδο Ιουλίου 2012, η τιμή της αγωγιμότητας κυμάνθηκε από 1143  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (G6) μέχρι 3440  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (P2), και τον Νοέμβριο από 364 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  P8) μέχρι 5940  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (G14).

Το κύριο χαρακτηριστικό της αγωγιμότητας, είναι ότι και στις δύο περιόδους δειγματοληψίας δεν εμφανίζονται πολύ μεγάλες τιμές. Εκτός από μερικά δείγματα. Πιο συγκεκριμένα, όσο αφορά την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας, τα δείγματα G2, G4, G7, G9, G11 & P2 εμφανίζουν πάνω από 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ενώ για την δεύτερη περίοδο, τα ίδια δείγματα (εκτός του G11) και επιπλέον τα G12-G16, P7 & P10, παρουσιάζουν και αυτά πάνω από 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (όπως φαίνεται στο σχήμα 7.1 που ακολουθεί).

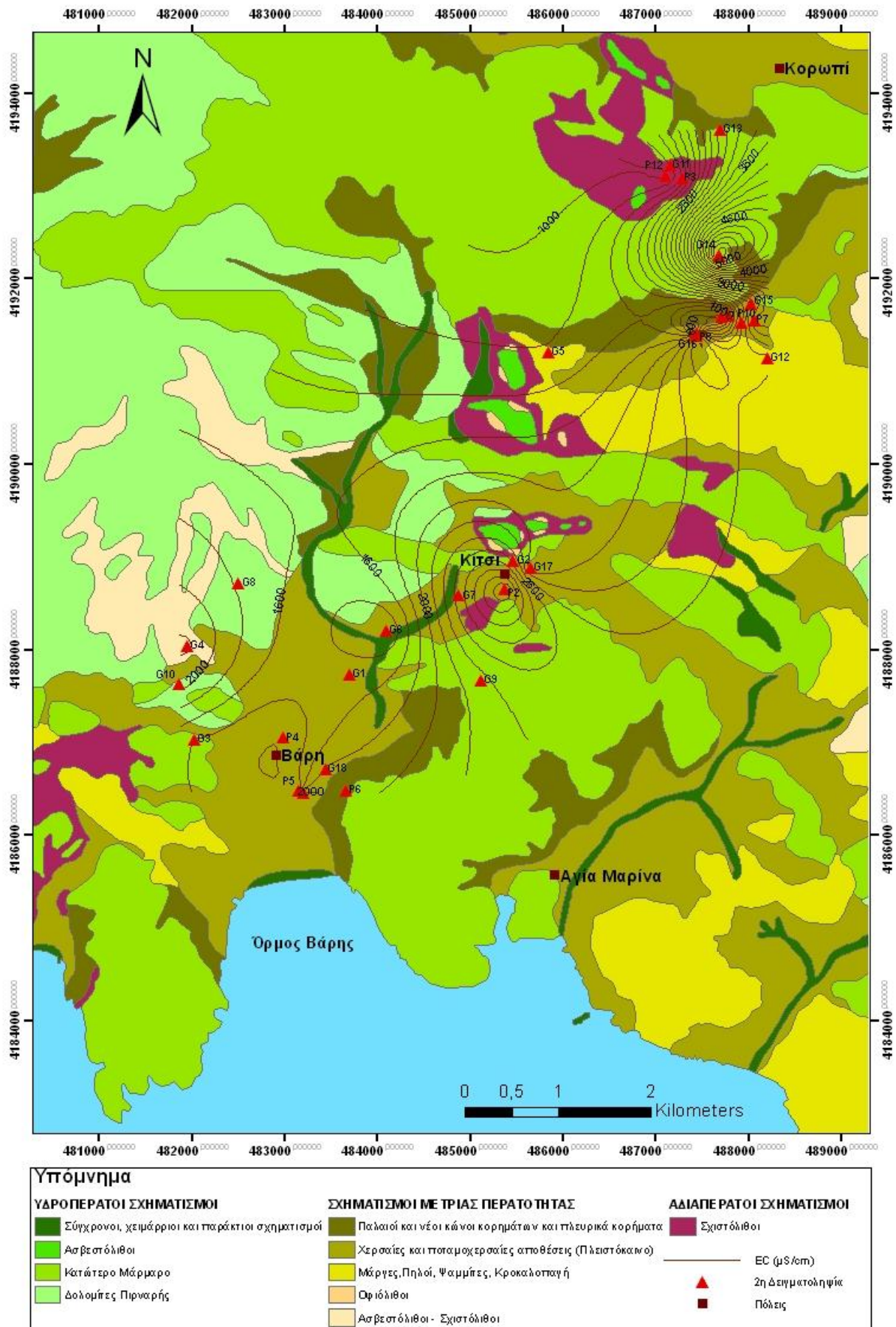
Επιπλέον, στο σχήμα 7.1 παρατηρούμε ότι η διακύμανση της αγωγιμότητας, δεν παρουσιάζει μεγάλες αυξομειώσεις κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας. Εκτός από την γεώτρηση G11, όπου τη περίοδο του Ιουλίου η αγωγιμότητα ήταν 3250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και το μήνα Νοέμβρη έφτασε 1242  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Προφανώς αυτή η μεγάλη μείωση οφείλεται στην ελάττωση της άρδευσης, καθώς η συγκεκριμένη γεώτρηση χρησιμοποιείται για ποτιστικούς λόγους.



**Σχήμα 7.1:** Διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά την περίοδο Ιουλίου και Νοεμβρίου 2012.



**Χάρτης 7.3 :** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη :Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Χάρτης 7.4:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012. (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη :Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

Σύμφωνα, με τις μετρήσεις των ποιοτικών παραμέτρων και τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, σε δείγματα υπόγειου νερού και λαμβάνοντας υπόψη το είδος και τη θέση του υδροληπτικού έργου, σε συνδυασμό με το είδος της υδροφορίας, που αυτό εκμεταλλεύεται, έγινε μια προσπάθεια να ομαδοποιηθούν τα παραπάνω αποτελέσματα ανά τμήματα της περιοχής μελέτης.

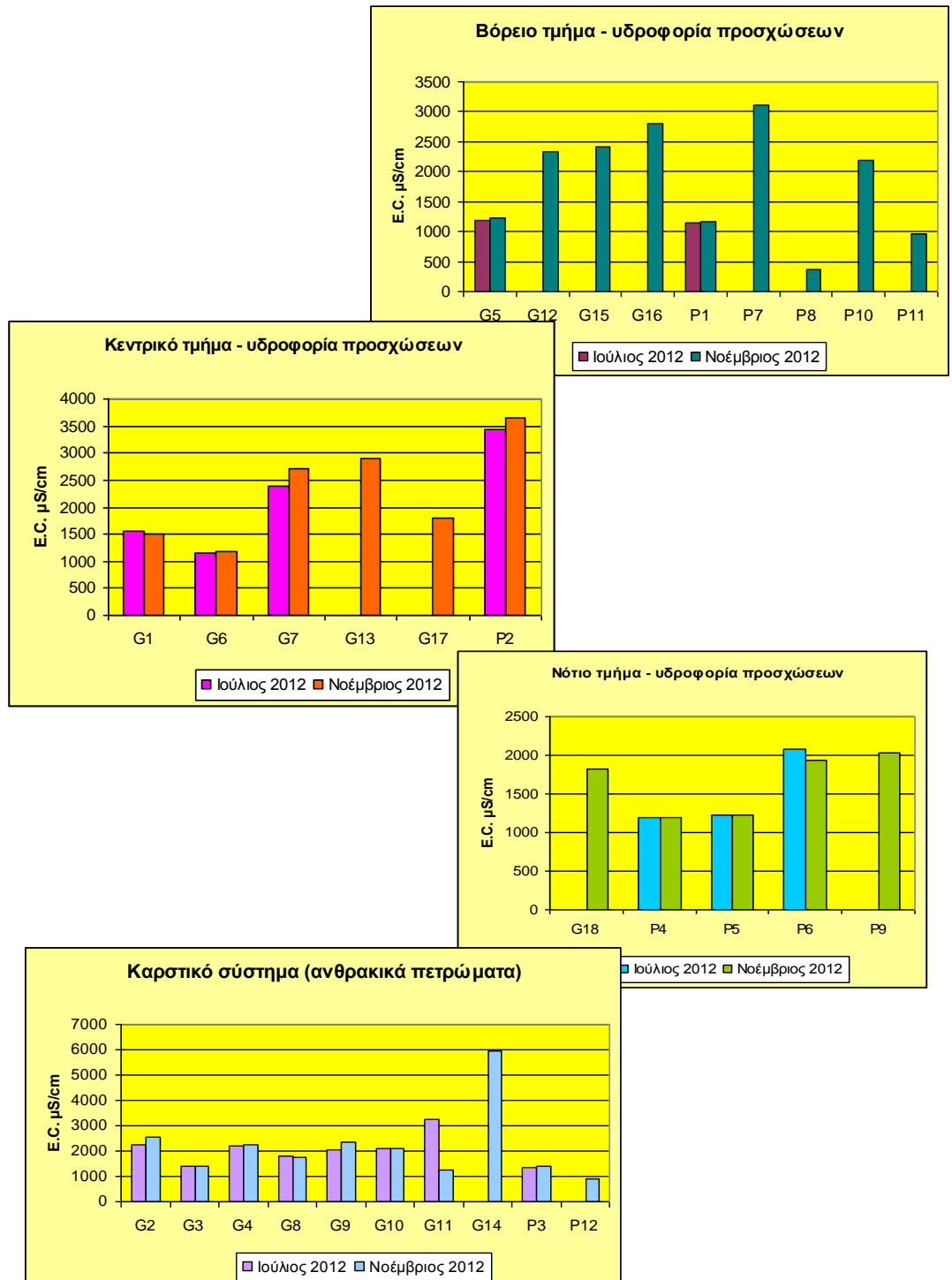
Η ομαδοποίηση των υδροληπτικών έργων και οι μετρήσεις της αγωγιμότητας, για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας φαίνεται στο σχήμα 7.2 που ακολουθεί.

Η πρώτη ομάδα G5, G12, G15, G16, P1, P7, P8, P10 & P11 περιλαμβάνει τα πηγάδια και γεωτρήσεις που βρίσκονται στο Βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης. Τα συγκεκριμένα υδροληπτικά έργα εκμεταλλεύονται τη φρεάτια, αβαθή και βαθιά υδροφορία των προσχώσεων. Στα συγκεκριμένα έργα οι τιμές της αγωγιμότητας κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και 2400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , με εξαίρεση τη γεώτρηση G16 (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) και το πηγάδι P7, με τιμή πάνω από 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , που πιθανά να συνδέεται με κάποια βιομηχανική εστία ρύπανσης, αφού βρίσκεται κοντά στη βιομηχανική περιοχή του Κορωπίου. Χαμηλή τιμή παρουσιάζει μόνο το νερό του P8 (364  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), γιατί δεν επηρεάζεται από κάποια πηγή ρύπανσης όπως το P7 και επίσης τροφοδοτείται από διαφορετικό υδροφόρο σε σχέση με το G16.

Η δεύτερη ομάδα G1, G5, G7, G13, G17 & P2 περιλαμβάνει τα υδροληπτικά έργα, που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, και εκμεταλλεύονται επίσης αβαθή – φρεάτια και βαθιά υδροφορία. Οι τιμές της αγωγιμότητας, κυμαίνονται από 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  έως 1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , με εξαίρεση τις γεωτρήσεις G7 & G13 για τον μήνα Νοέμβριο, που ξεπερνούν τα 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και το πηγάδι P2, που η τιμή της αγωγιμότητας και στις δύο περιόδους είναι πολύ υψηλή, (πάνω από 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  τον Ιούλιο και πάνω από 3500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  το Νοέμβρη). Πιθανόν, αυτή η αύξηση, θα συνδέεται με κάποια τοπική εστία ρύπανσης.

Η τρίτη ομάδα G18, P4, P5, P6 & P9 περιλαμβάνει τα πηγάδια και γεωτρήσεις, που βρίσκονται στο Νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης και συγκεκριμένα στην περιοχή της Βάρης. Τα έργα αυτά, εκμεταλλεύονται τη φρεάτια αβαθή και βαθιά υδροφορία των προσχώσεων, εκτός από το πηγάδι P6 που εκμεταλλεύεται τον υδροφόρο των πλευρικών κορημάτων. Στην συγκεκριμένη ομάδα υδροληπτικών έργων, οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 1100 και 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Η τέταρτη ομάδα G2, G3, G4, G8, G9, G10, G11, G14, P3 & P12, περιέχει τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια, όπου οι γεωτρήσεις εκμεταλλεύονται την καρστική υδροφορία, ενώ τα πηγάδια P3 & P12, ίσως εκμεταλλεύονται την αβαθή καρστική υδροφορία. Στην καρστική υδροφορία έχουμε ηλεκτρική αγωγιμότητα από 1200 έως και πάνω από 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , με ακραία ανώτατη τιμή στη G14, που πλησιάζει τα 6000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (απόσταση από την θάλασσα 6,5 km).



**Σχήμα 7.2 :** Ομαδοποίηση της διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε  $\mu\text{S}/\text{cm}$  σε πηγάδια & γεωτρήσεις για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας.

#### 7.4.1.2 Κατανομή Θερμοκρασίας

Κατά την διάρκεια της μελέτης, διαπιστώθηκε από την πρώτη δειγματοληψία, η ύπαρξη υψηλότερων θερμοκρασιών, σε σχέση με τη συνηθέστερη των υπόγειων νερών (14-15 °C, η κανονική θερμοκρασία ενώ στους αβαθείς υδροφόρους 10-20 °C, Σούλιος, 2006), σχεδόν σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Στους χάρτες 7.5 & 7.6, που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τιμές των θερμοκρασιών και η γεωγραφική τους κατανομή, των δυο περιόδων δειγματοληψιών.

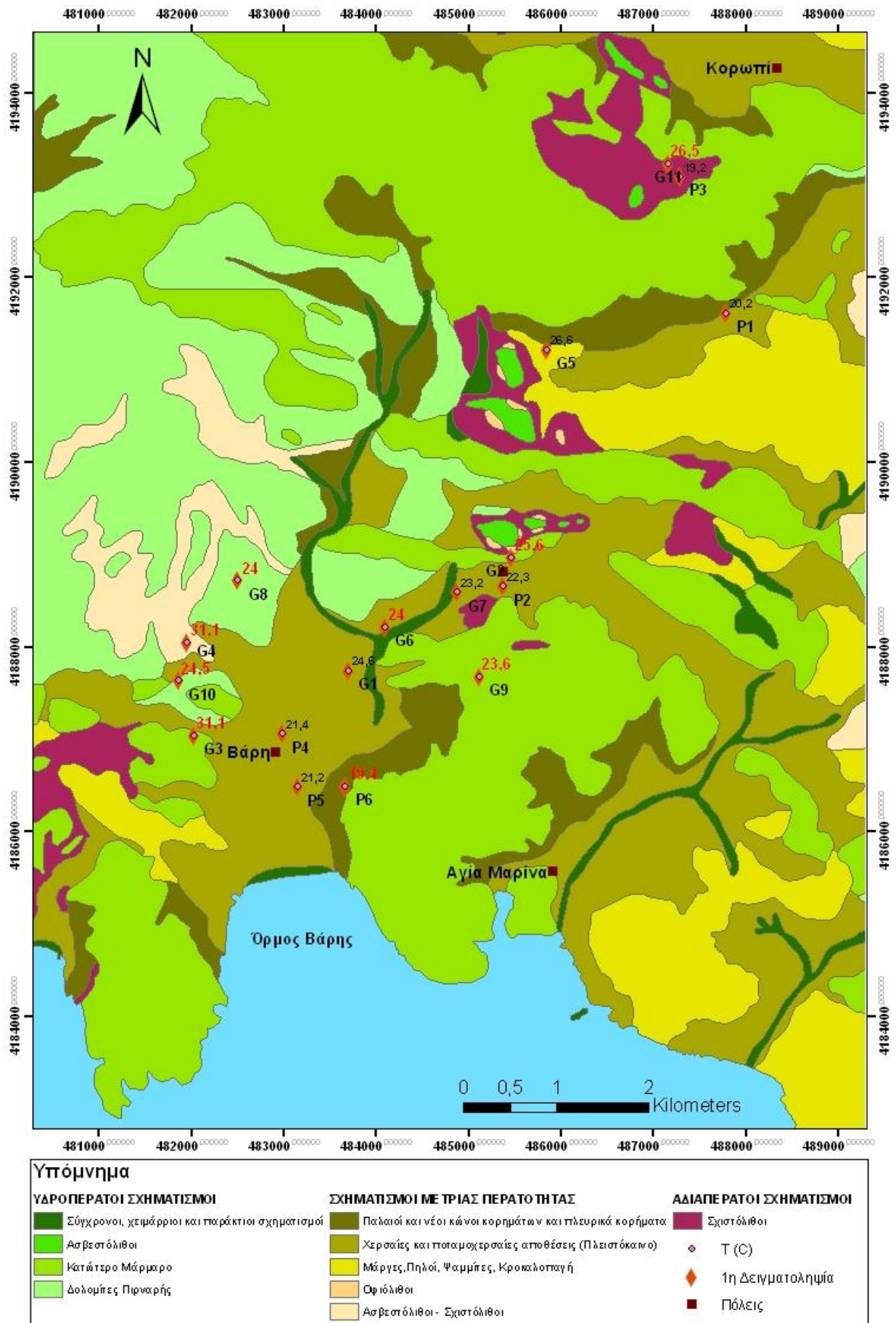
Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε και στους δύο χάρτες 7.5 & 7.6, υψηλές τιμές θερμοκρασίας (με κόκκινο χρώμα αποτυπώνονται στους χάρτες) κυρίως στα ανθρακικά πετρώματα (Κατώτερο μάρμαρο, δολομίτης Πιρναρής). Παράλληλα όμως διαπιστώνονται υψηλές τιμές και στους χερσαίους ποταμοχερσαίους σχηματισμούς (Πλειστοκαινικούς). Αυτό οφείλεται πιθανόν, στην τροφοδοσία από τα ανθρακικά πετρώματα. Επίσης, στο σχήμα 7.3, διακρίνουμε κάποιες μικρές αυξομειώσεις των θερμοκρασιών και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας.

Είναι χρήσιμο, να αναφέρουμε, ότι η προέλευση αυτών των υψηλών θερμοκρασιών στα υπόγεια νερά διακρίνονται κατά τον Zou Chengjie 1988, στις εξής κατηγορίες:

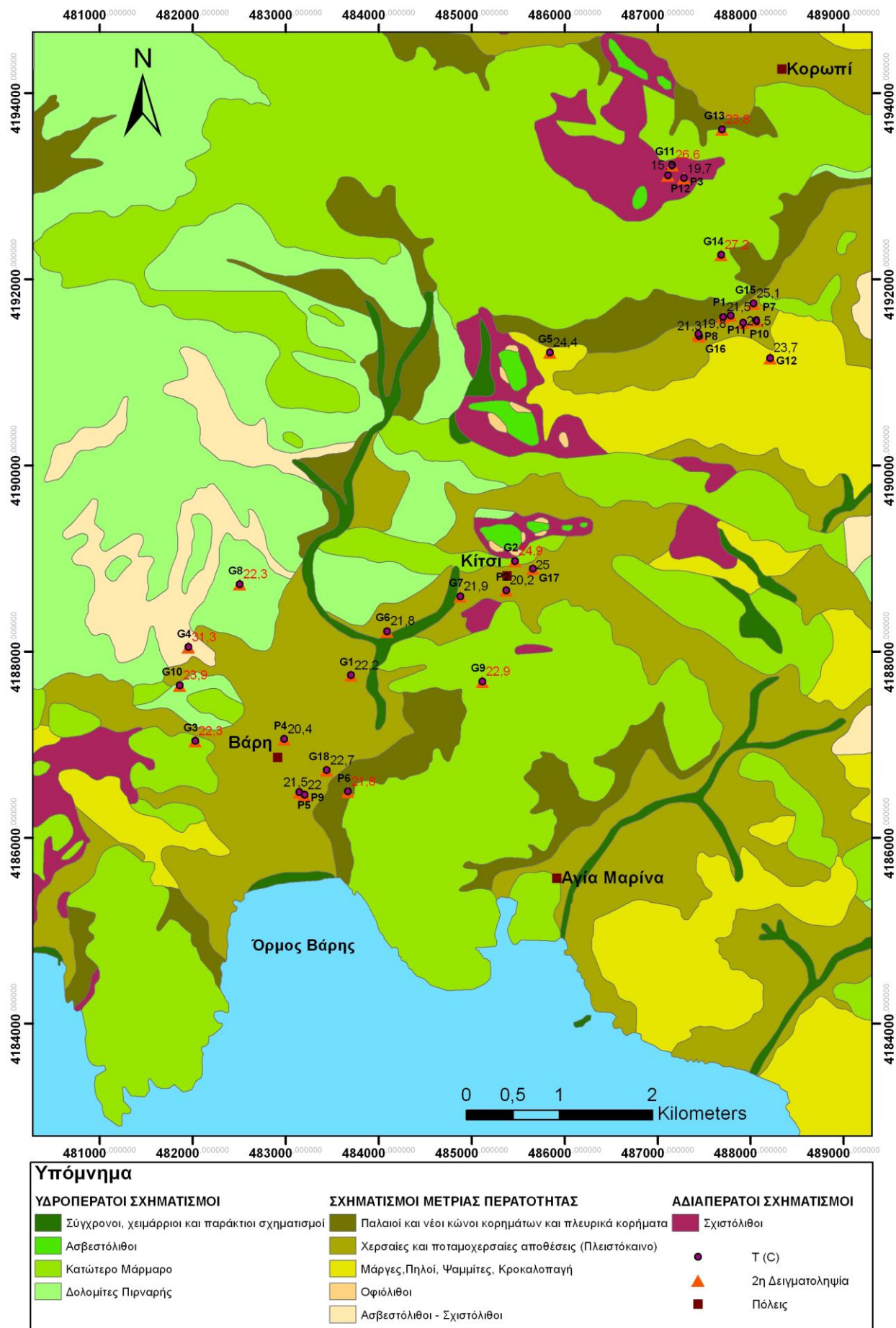
- Στα ηφαιστειακά θερμά νερά, που θερμαίνονται από την ύπαρξη κάποιας μαγματικής πηγής και
- Στα μη ηφαιστειακά θερμά νερά, που διακρίνονται σε:
  - I. Θερμά νερά λεκάνης και
  - II. Θερμά νερά διαρρήξεων.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, αυτή η αύξηση των θερμοκρασιών στην περιοχή μελέτης, ανήκει στην κατηγορία μη ηφαιστειακά νερά και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία II, η οποία αφορά περιοχές με μεγάλα ρήγματα ή πρόσφατη τεκτονική δράση. Το νερό της βροχής, στις περιοχές αυτές κατεισδύει σε βαθύτερες ζώνες δια μέσου των ρηγμάτων, θερμαίνεται και επιστρέφει σε μικρότερα βάθη ή στην επιφάνεια δια μέσου των ομοίων διόδων. (Γεωργαλάς Α., Κουμαντάκης Ι., Πρακτικά 1995, 3<sup>ο</sup> Υδρογεωλογικό συνέδριο). Στους χάρτες 7.1 και 7.2, που έχουν προηγηθεί, παρατηρείται έντονη τεκτονική δράση (μεγάλα ρήγματα / διαρρήξεις) στους ανθρακικούς σχηματισμούς, οι οποίοι με την σειρά τους τροφοδοτούν με υψηλές θερμοκρασίες υπόγειων νερών τους σχηματισμούς με τους οποίους έρχονται σε επαφή, με αποτέλεσμα να μεταδίδουν υδροφορία με υψηλές τιμές θερμοκρασίας (π.χ. G1, G12, G17, P5, P12, χάρτες 7.5, 7.6).

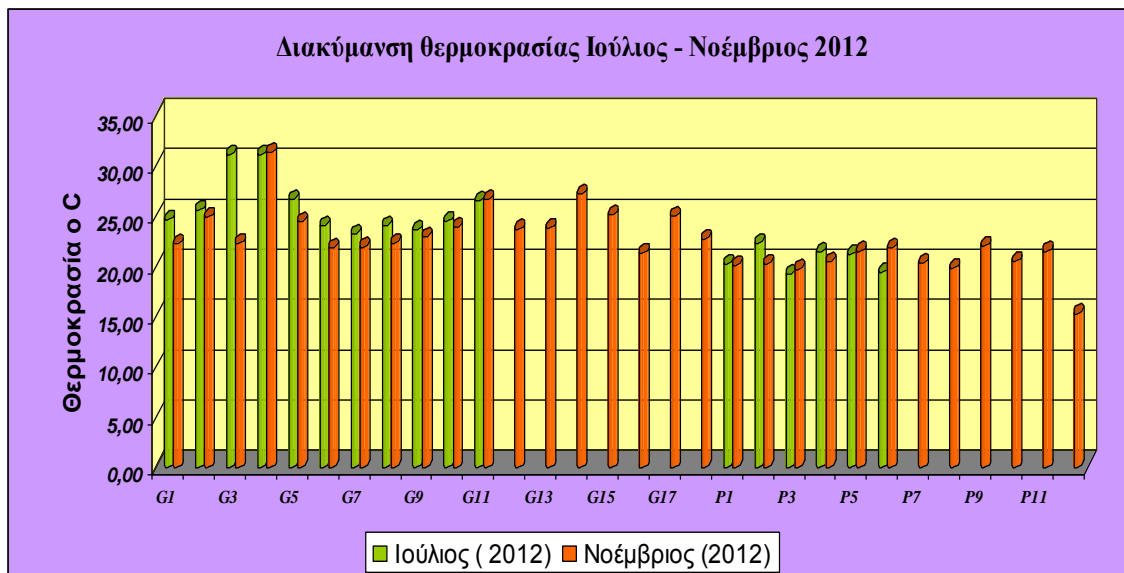




**Χάρτης 7.5 :** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή της θερμοκρασίας κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Χάρτης 7.6 :** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή της θερμοκρασίας κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Σχήμα 7.3:** Η κατανομή της θερμοκρασίας των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012). Τα υδροληπτικά έργα G2, G3, G4, G8, G9, G10, G11 & G14 εκμεταλλεύονται καρστικούς υδροφόρους.

Όπως διαπιστώνεται από το σχήμα 7.3, μόνο σε 6 από τις 30 θέσεις, που μετρήθηκαν οι θερμοκρασίες του νερού, βρέθηκαν ότι οι τιμές ήταν κάτω από τους 20°C. Πάνω από τους 20°C έως 31,5 °C, βρέθηκαν τα νερά στο 80% των θέσεων. Έχει επομένως ενδιαφέρον η διερεύνηση για τη διαπίστωση των δυνατοτήτων αξιοποίησης της αβαθούς γεωθερμίας.

#### 7.4.2 Αποτελέσματα των υδροχημικών αναλύσεων

Οι συγκεντρώσεις (σε ppm = mg/l και meq/l) και τα στατιστικά δεδομένα των ιόντων, που προσδιορίστηκαν με τις υδροχημικές αναλύσεις, παρουσιάζονται στους δύο επόμενους πίνακες 7.2 και 7.3. Με κόκκινο χρώμα, απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις των ιόντων, που είναι πάνω από το όριο ποσιμότητας, σύμφωνα με την ΚΥΑ Υ2/2600/01 σε εναρμόνιση προς την οδηγία 98/83/EK. Τα στατιστικά στοιχεία, που δίνονται στους πίνακες αφορούν τις εξής τιμές: μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή, τυπική απόκλιση και διασπορά.

Για να είναι τα αποτελέσματα αξιόπιστα, θα πρέπει το σφάλμα ισοζυγίου να μην υπερβαίνει το 10%. Σε περίπτωση υπέρβασης επαναλαμβάνεται η χημική ανάλυση. Τα σφάλματα στις υδροχημικές αναλύσεις είναι αναμενόμενα δεδομένου, ότι αφενός ο προσδιορισμός ορισμένων στοιχείων (π.χ. Ca, Mg κτλπ) βασίζεται στην τιτλοδότηση, δηλαδή στη μεταβολή του χρώματος του διαλύματος, οπότε υπεισέρχεται ο υποκειμενικός παράγοντας και αφετέρου στην αραιώση των δειγμάτων, που έγινε σχεδόν σε όλα τα υπό εξέταση δείγματα

**Πίνακας 7.2 :** Αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερού, από γεωτρήσεις – πηγάδια στην περιοχή μελέτης την περίοδο του Ιουλίου 2012.

	Κωδικός	Cl <sup>-</sup>		NO <sup>3</sup>		SO <sup>2-4</sup>		HCO <sup>3</sup>		Ca <sup>+2</sup>		Mg <sup>+2</sup>		K <sup>+</sup>		Na <sup>+</sup>	
		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Γεωτρήσεις	G1	187,00	5,28	101,80	1,64	18,00	0,37	387,96	6,36	120,94	6,03	45,93	3,78	19,00	0,49	51,80	2,25
	G2	446,00	12,58	25,40	0,41	34,00	0,71	364,78	5,98	127,75	6,37	48,60	4,00	16,00	0,41	284,00	12,35
	G3	173,00	4,88	72,00	1,16	16,00	0,33	397,72	6,52	163,80	8,17	26,00	2,14	5,00	0,13	127,00	5,52
	G4	430,00	12,13	5,90	0,10	58,00	1,21	381,86	6,26	88,91	4,44	97,00	7,98	24,00	0,61	41,70	1,81
	G5	108,00	3,05	4,90	0,08	53,00	1,10	429,44	7,04	116,13	5,79	28,19	2,32	7,50	0,19	89,00	3,87
	G6	104,00	2,93	61,10	0,99	38,00	0,79	369,66	6,06	120,94	6,03	34,26	2,82	3,80	0,10	90,80	3,95
	G7	392,00	11,06	112,70	1,82	111,00	2,31	384,30	6,30	187,82	9,37	49,33	4,06	7,00	0,18	270,00	11,75
	G8	205,00	5,78	146,60	2,36	87,00	1,81	348,92	5,72	185,42	9,25	33,29	2,74	4,50	0,12	142,00	6,18
	G9	275,00	7,76	122,70	1,98	24,00	0,50	430,66	7,06	165,40	8,25	28,92	2,38	7,30	0,19	207,00	9,00
	G10	326,00	9,20	84,70	1,37	144,00	3,00	407,48	6,68	153,38	7,65	45,68	3,76	8,00	0,20	229,00	9,96
	G11	724,00	20,42	18,40	0,30	90,00	1,87	384,30	6,30	161,39	8,05	43,25	3,56	30,00	0,77	500,00	21,75
Πηγάδια	P1	104,00	2,93	41,80	0,67	18,00	0,37	409,92	6,72	116,13	5,79	37,91	3,12	11,80	0,30	74,40	3,24
	P2	648,00	18,28	270,50	4,36	85,00	1,77	402,60	6,60	364,04	18,17	43,25	3,56	8,00	0,20	325,00	14,14
	P3	121,00	3,41	56,00	0,90	9,00	0,19	474,58	7,78	142,17	7,09	2,43	0,20	2,40	0,06	125,00	5,44
	P4	74,00	2,09	89,70	1,45	62,00	1,29	401,38	6,58	106,53	5,32	28,67	2,36	4,70	0,12	120,00	5,22
	P5	70,00	1,97	95,90	1,55	45,00	0,94	444,48	7,29	116,94	5,84	32,56	2,68	3,20	0,08	85,00	3,70
	P6	208,00	5,87	324,50	5,23	159,00	3,31	407,48	6,68	152,18	7,59	34,26	2,82	3,00	0,08	209,00	9,09
Στατιστικά στοιχεία	Μέση τιμή	270,29	7,62	96,15	1,55	61,82	1,29	401,62	6,58	152,35	7,60	38,80	3,19	9,72	0,25	174,75	7,60
	Ελάχιστη	70,00	1,97	4,90	0,08	9,00	0,19	348,92	5,72	88,91	4,44	2,43	0,20	2,40	0,06	41,70	1,81
	Μέγιστη	724,00	20,42	324,50	5,23	159,00	3,31	474,58	7,78	364,04	18,17	97,00	7,98	30,00	0,77	500,00	21,75
	Τυπική απόκλιση	198,42	5,60	86,66	1,40	45,04	0,94	30,89	0,51	61,36	3,06	18,78	1,54	7,99	0,20	119,56	5,20
	Διασπορά	0,73	0,73	0,90	0,90	0,73	0,73	0,08	0,08	0,40	0,40	0,48	0,48	0,82	0,82	0,68	0,68
Ανώτατη αποδεκτή τιμή για το πόσιμο νερό		250		50		250						50		12		200	

**Πίνακας 7.3 :** Αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερού, από γεωτρήσεις – πηγάδια στην περιοχή μελέτης την περίοδο του Νοεμβρίου 2012.

	Κωδικός	Cl <sup>-</sup>		NO <sup>-3</sup>		SO <sup>-24</sup>		HCO <sup>-3</sup>		Ca <sup>+2</sup>		Mg <sup>+2</sup>		K <sup>+</sup>		Na <sup>+</sup>	
		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	Mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Γεωτρήσεις	G1	173,00	4,88	168,00	2,71	18,00	0,37	549,00	9,00	115,30	5,75	48,60	4,00	5,20	0,13	102,00	4,44
	G2	514,00	14,50	43,00	0,69	146,00	3,04	442,90	7,26	124,90	6,23	48,60	4,00	17,00	0,43	288,60	12,55
	G3	160,00	4,51	112,00	1,81	44,00	0,92	451,40	7,40	163,40	8,15	5,80	0,48	4,80	0,12	100,80	4,38
	G4	436,00	12,30	4,00	0,06	60,00	1,25	444,10	7,28	64,10	3,20	29,20	2,40	18,30	0,47	345,00	15,01
	G5	119,00	3,36	32,00	0,52	10,00	0,21	473,40	7,76	79,70	3,98	35,00	2,88	4,80	0,12	75,00	3,26
	G6	99,00	2,79	98,00	1,58	44,00	0,92	463,60	7,60	112,10	5,59	25,30	2,08	2,80	0,07	85,00	3,70
	G7	468,00	13,20	236,00	3,81	150,00	3,12	483,10	7,92	233,90	11,67	46,70	3,84	4,20	0,11	222,00	9,66
	G8	199,00	5,61	276,00	4,45	71,00	1,48	418,50	6,86	233,90	11,67	5,80	0,48	3,60	0,09	108,60	4,72
	G9	365,00	10,30	226,00	3,65	84,00	1,75	427,00	7,00	208,20	10,39	17,50	1,44	8,00	0,20	220,00	9,57
	G10	325,00	9,17	266,00	4,29	72,00	1,50	442,90	7,26	160,20	7,99	38,90	3,20	3,50	0,09	193,50	8,42
	G11	170,00	4,80	23,00	0,37	74,00	1,54	447,70	7,34	147,40	7,36	7,80	0,64	4,20	0,11	97,20	4,23
	G12	440,00	12,41	50,00	0,81	110,00	2,29	420,90	6,90	178,00	8,88	40,80	3,36	8,00	0,20	235,00	10,22
	G13	602,00	16,98	102,00	1,65	72,00	1,50	412,40	6,76	174,20	8,69	29,40	2,42	13,00	0,33	319,00	13,88
	G14	1542,00	43,50	58,00	0,94	180,00	3,75	374,50	6,14	195,40	9,75	85,50	7,03	34,00	0,87	892,00	38,80
	G15	439,00	12,38	88,00	1,42	105,00	2,19	433,10	7,10	192,20	9,59	21,40	1,76	11,00	0,28	256,00	11,14
	G16	470,00	13,26	10,00	0,16	335,00	6,97	511,20	8,38	131,40	6,56	95,30	7,84	26,00	0,66	264,00	11,48
	G17	288,00	8,12	94,00	1,52	62,00	1,29	462,40	7,58	137,80	6,88	33,00	2,71	7,50	0,19	167,00	7,26
	G18	220,00	6,21	214,00	3,45	144,00	3,00	463,60	7,60	144,20	7,20	35,00	2,88	7,00	0,18	174,00	7,57
Πηγάδια	P1	104,00	2,93	52,00	0,84	24,00	0,50	514,80	8,44	128,20	6,40	33,00	2,71	8,80	0,23	62,00	2,70
	P2	740,00	20,88	432,00	6,97	165,00	3,44	452,60	7,42	397,30	19,83	64,20	5,28	4,00	0,10	233,00	10,14
	P3	133,00	3,75	73,00	1,18	21,00	0,44	499,00	8,18	160,20	7,99	11,70	0,96	1,80	0,05	119,70	5,21
	P4	77,00	2,17	146,00	2,35	98,00	2,04	420,90	6,90	105,70	5,27	25,30	2,08	3,90	0,10	104,10	4,53
	P5	73,00	2,06	149,00	2,40	78,00	1,62	475,80	7,80	144,20	7,20	3,90	0,32	3,60	0,09	80,60	3,51
	P6	188,00	5,30	198,30	3,20	204,00	4,25	420,90	6,90	134,60	6,72	38,90	3,20	3,00	0,08	199,00	8,66
	P7	632,00	17,83	27,50	0,44	132,00	2,75	602,70	9,88	176,20	8,79	126,40	10,40	2,00	0,05	244,00	10,61
	P8	3,00	0,08	5,20	0,08	31,00	0,65	256,20	4,20	64,10	3,20	7,80	0,64	1,10	0,03	5,80	0,25
	P9	270,00	7,62	114,40	1,85	42,00	0,87	503,90	8,26	124,90	6,23	44,70	3,68	11,50	0,29	206,50	8,98
	P10	238,00	6,71	41,60	0,67	340,00	7,08	542,90	8,90	153,80	7,67	91,40	7,52	3,00	0,08	178,00	7,74
	P11	122,00	3,44	26,80	0,43	73,00	1,52	359,90	5,90	108,90	5,43	23,30	1,92	2,40	0,06	38,90	1,69
	P12	70,00	1,97	7,30	0,12	110,00	2,29	401,40	6,58	128,20	6,40	3,90	0,32	0,90	0,02	48,30	2,10
Στατιστικά στοιχεία	Μέση τιμή	322,63	9,10	112,44	1,81	103,30	2,15	452,42	7,42	154,09	7,69	37,47	3,08	7,63	0,20	188,82	8,21
	Ελάχιστη	3,00	0,08	4,00	0,06	10,00	0,21	256,20	4,20	64,10	3,20	3,90	0,32	0,90	0,02	5,80	0,25
	Μέγιστη	1542,00	43,50	432,00	6,97	340,00	7,08	602,70	9,88	397,30	19,83	126,40	10,40	34,00	0,87	892,00	38,80
	Τυπική απόκλιση	298,71	8,43	101,85	1,64	81,07	1,69	63,60	1,04	62,54	3,12	29,72	2,44	7,57	0,19	159,28	6,93
	Διασπορά	0,93	0,93	0,91	0,91	0,78	0,78	0,14	0,14	0,41	0,41	0,79	0,79	0,99	0,99	0,84	0,84
Ανώτατη αποδεκτή τιμή για το πόσιμο νερό	250		50		250						50		12		200		

Παρόλα αυτά όμως το σφάλμα του ισοζυγίου διατηρήθηκε κάτω από 10%, με εξαίρεση η γεώτρηση G3, που για την περίοδο του Ιουλίου το σφάλμα της χημικής ανάλυσης ήταν 10,6%.

Από τα κύρια κατιόντα, τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρουσιάζει το  $\text{Na}^+$ , με μέση τιμή 174,75 mg/l (Ιούλιος 2012) και 188,82 mg/l (Νοέμβριος 2012) και μεγάλη διασπορά. Ενώ το εύρος τιμών του είναι 41,70 mg/l (G4) έως 500 mg/l (G11) για τον Ιούλιο και 5,80 mg/l (P8) έως 892 mg/l (G14) για το Νοέμβριο.

Ακολουθεί το  $\text{Ca}^{+2}$ , με μέση τιμή 152,35 mg/l και 154 mg/l αντίστοιχα για τις δύο περιόδους και μικρή διασπορά. Ενώ το εύρος τιμών είναι μεταξύ 88,91 mg/l (G4) και 364,04 mg/l (P2) για τον μήνα Ιούλιο και 64.10 mg/l (P8) και 397.3 mg/l (P2) για το Νοέμβριο.

Στην συνέχεια το  $\text{Mg}^{+2}$ , με μέση τιμή 38,8 mg/l και 37,47 mg/l αντίστοιχα για τις δύο περιόδους και μεγάλη διασπορά. Ενώ το εύρος των τιμών του, κυμαίνεται τον Ιούλιο από 2,43 mg/l (P3) έως 97 mg/l (G4) και τον Νοέμβριο από 3,9 mg/l (P2) έως 126 mg/l (P7).

Τέλος το  $\text{K}^+$ , με μέση τιμή 9.72 mg/l και 7.63 mg/l αντίστοιχα για της δύο περιόδους και πολύ μεγάλη διασπορά. Ενώ το εύρος των τιμών του κυμαίνεται τον Ιούλιο από 2,40 mg/l (P3) έως 30 mg/l (G11) και τον Νοέμβριο από 30,90 mg/l (P12) έως 34 mg/l (G14).

Από τα κύρια ανιόντα, χαρακτηριστική είναι η επικράτηση των χλωριόντων ( $\text{Cl}^-$ ), με μέση τιμή 270,29 mg/l και 322,63 mg/l για τις δύο περιόδους αντίστοιχα και μεγάλη διασπορά. Ενώ το εύρος τιμών του είναι 70 mg/l (P5) έως 724 mg/l (G11) για τον Ιούλιο και 3 mg/l (P8) έως 1542 mg/l (G14) για τον Νοέμβριο.

Ακολουθούν τα οξυανθρακικά ( $\text{HCO}_3^-$ ), με μέση τιμή 401.62 mg/l και 452.42 mg/l για τις δύο περιόδους αντίστοιχα και μικρή διασπορά. Ενώ το εύρος τιμών του είναι 348,92 mg/l (G8) έως 474.58 mg/l (P3) για τον Ιούλιο και 256.2 mg/l (P8) έως 602.7 mg/l (P7) για το Νοέμβριο.

Στην συνέχεια τα  $\text{NO}_3^-$ , με μέση τιμή 96.15 mg/l και 112.44 mg/l αντίστοιχα για τις δύο περιόδους και πολύ διασπορά. Ενώ το εύρος τιμών είναι μεταξύ 4,9 mg/l (G5) και 324,5 mg/l (P6) για τον μήνα Ιούλιο και 4 mg/l (G4) και 432 mg/l (P2) για τον Νοέμβριο.

Τέλος τα  $\text{SO}_4^{-2}$ , με μέση τιμή 61.82 mg/l και 103.30 mg/l αντίστοιχα για τις δύο περιόδους και μεγάλη διασπορά. Ενώ το εύρος των τιμών του κυμαίνεται τον Ιούλιο από 9 mg/l (P3) έως 159 mg/l (P6) και το Νοέμβριο από 10 mg/l (P12) έως 340 mg/l (G10). Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε, ότι τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των θεικών, όσον αφορά την πρώτη περίοδο δειγματοληψίας, δεν αιτιολογούνται με τις μεταβολές των χημικών διεργασιών στα πετρώματα, στην περίοδο που μεσολάβησε. Αξιόπιστα θεωρούνται τα αποτελέσματα των αναλύσεων της δεύτερης περιόδου δειγματοληψίας. Οι τιμές των δειγμάτων G2, G9, P3, P4, & P6 για την πρώτη περίοδο, αποδίδονται σε σφάλμα μέτρησης.

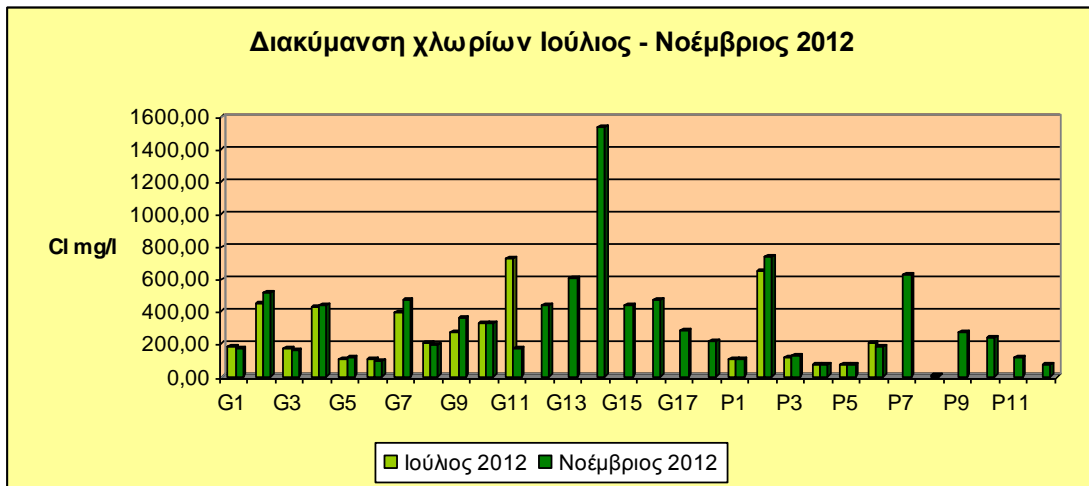
Η μεγάλη περιεκτικότητα σε ιόντα χλωρίου και νατρίου σε συνδυασμό με τις τιμές μέτριες έως υψηλές τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, σχεδόν σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης, μπορούν μόνο να αποδοθούν στη υφαλμύρωση των υπόγειων νερών, εξαιτίας της διείσδυσης της θάλασσας, λόγω της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφόρων.

Η παρουσία κυρίως ιόντων μαγνησίου και οξυανθρακικών υποδηλώνουν, ότι πρόκειται για νερά, που έχουν κινηθεί σε δολομιτικά πετρώματα ή σε σχηματισμούς με μεγάλο ποσοστό σε αργιλικά ορυκτά, όπως κροκαλοπαγή, πλευρικά κορήματα κλπ.

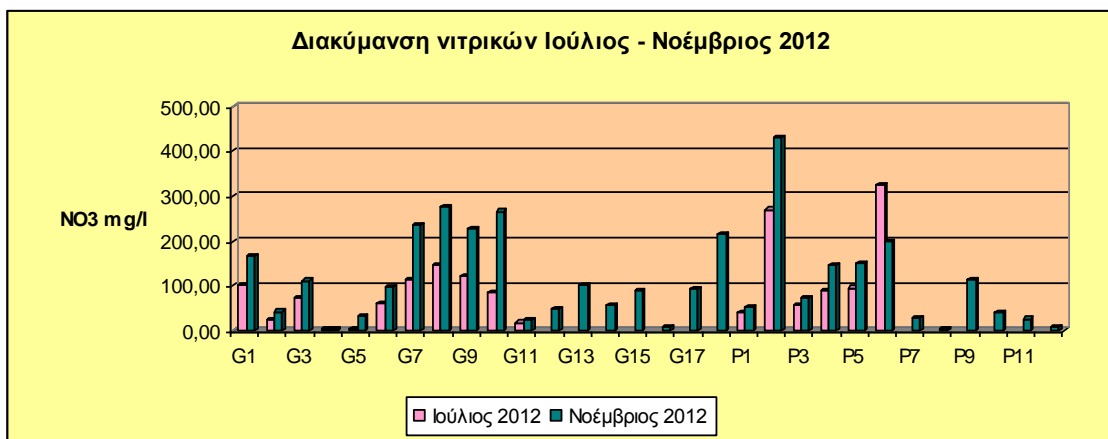
Αυξημένη κατά πολύ είναι η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων, σε όλη την περιοχή μελέτης, με μέση τιμή 96.15 mg/l και 112.44 mg/l αντίστοιχα για τις δύο περιόδους. Το γεγονός αυτό, οφείλεται στην εντατική χρήση λιπασμάτων από τους καλλιεργητές. Επίσης αυτή η αύξηση μπορεί να οφείλεται και από άλλες πηγές ρύπανσης, όπως νεκροταφεία ή βοθρολύματα. Το εύρος τιμών είναι μεταξύ 4,9 mg/l (G5) και 324,5 mg/l (P6) για τον μήνα Ιούλιο, και 4 mg/l (G4) και 432 mg/l (P2) για τον Νοέμβριο, με πολύ μεγάλη διασπορά και για τις δύο περιόδους. Το πηγάδι P6, βρίσκεται σε δύο πηγές ρύπανσης, σε κτήμα όπου καλλιεργούνται φιστικιές και κοντά στο νεκροταφείο της Βάρης. Επίσης το πηγάδι P2, βρίσκεται κοντά σε φυτώριο και σε περιβόλια, όπου κάνουν χρήση μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων.

Οι αυξημένες τιμές των θεικών, στα δείγματα G16 και P10, οφείλονται προφανώς στην χρήση μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων.

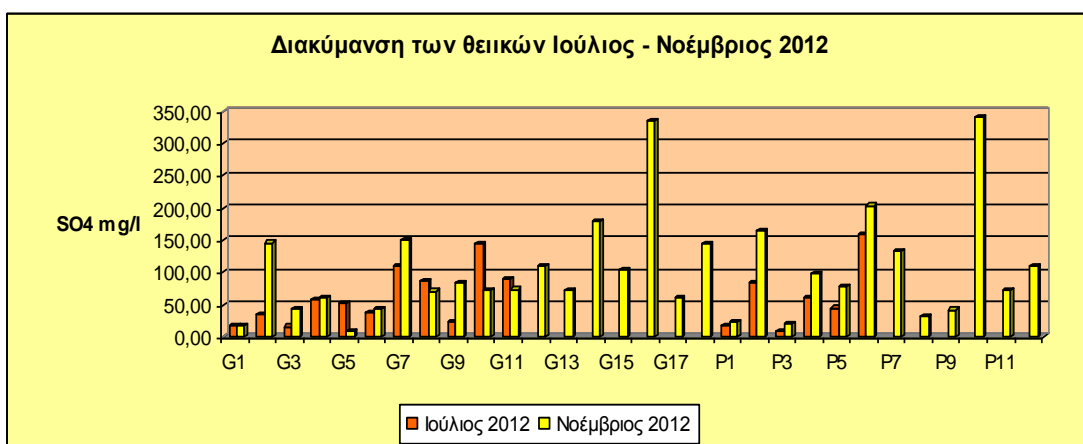
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα σχήματα 7.4-7.11, που δείχνουν την διακύμανση κάθε στοιχείου και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας.



**Σχήμα 7.4:** Η κατανομή των χλωρίων των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012).

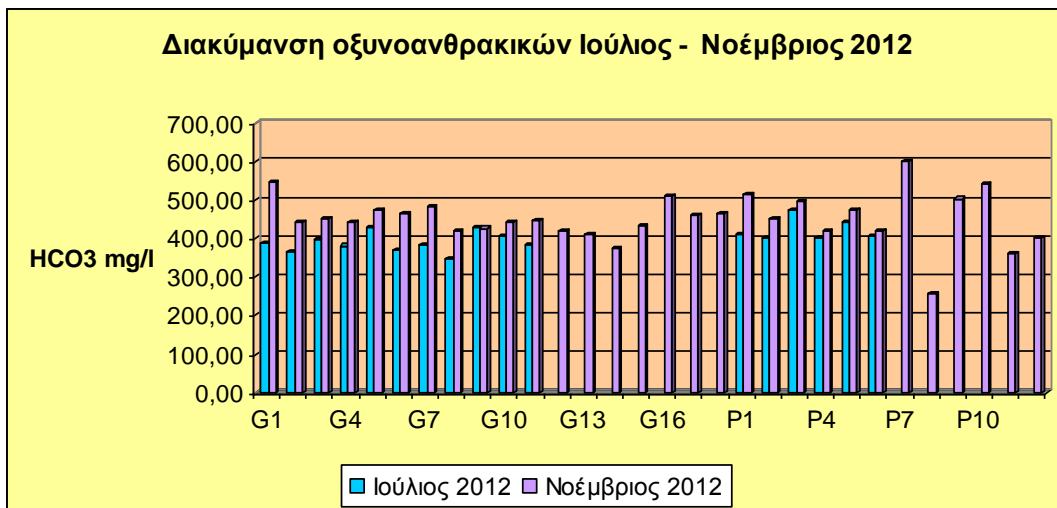


**Σχήμα 7.5:** Η κατανομή των νιτρικών των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012).

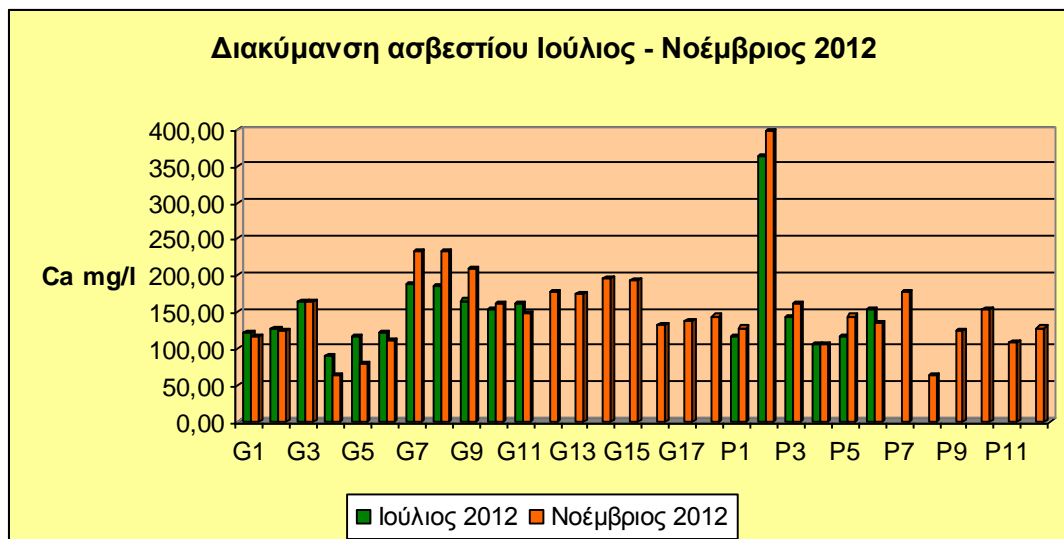


**Σχήμα 7.6:** Η κατανομή των θεικών των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012).

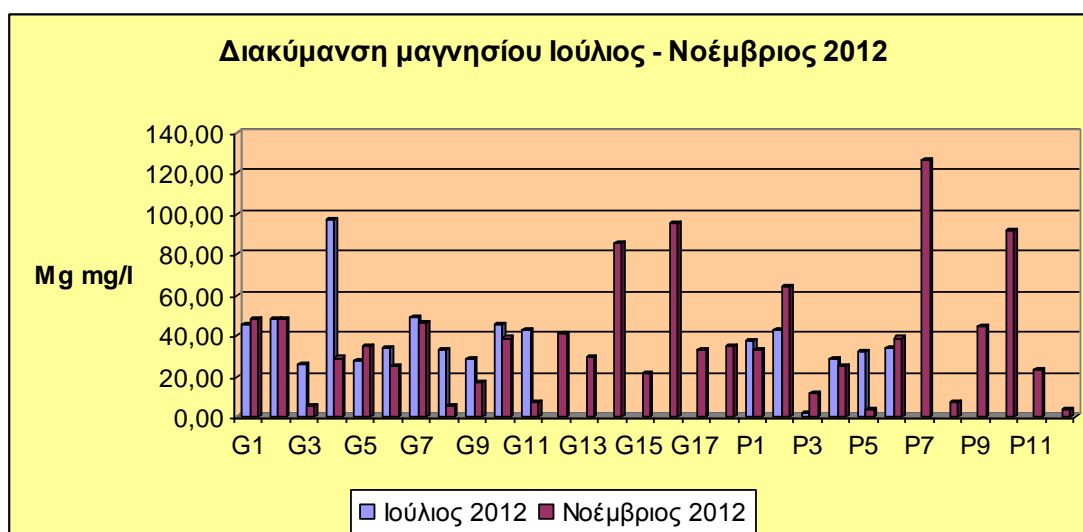




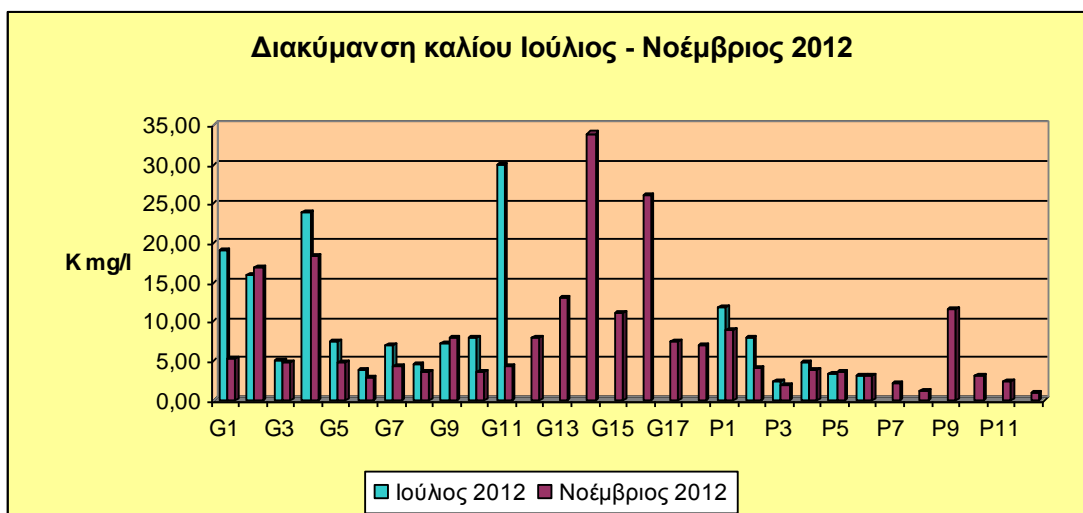
**Σχήμα 7.7:** Η κατανομή των οξυνοανθρακικών των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012).



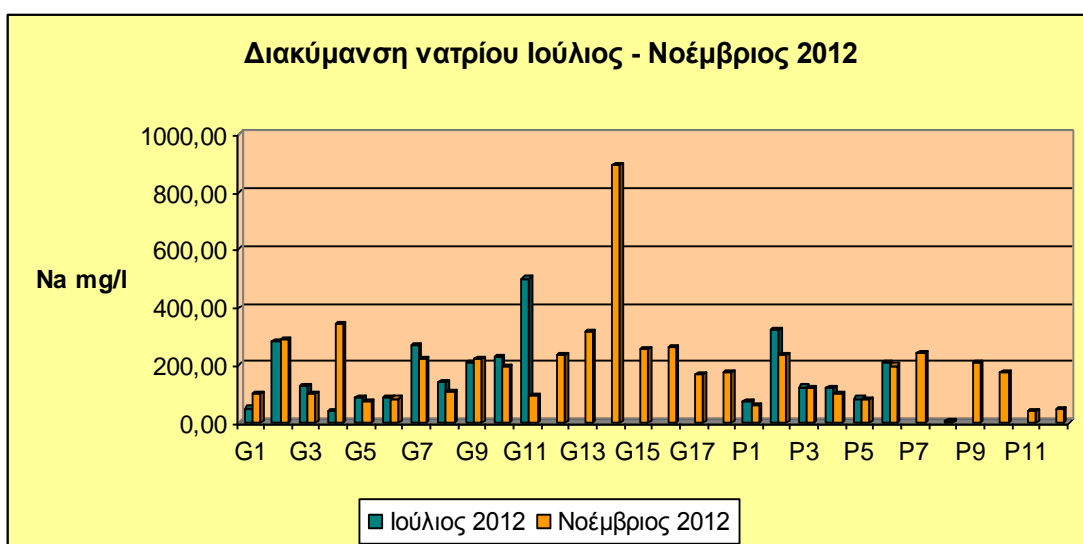
**Σχήμα 7.8:** Η κατανομή του ασβεστίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012).



**Σχήμα 7.9:** Η κατανομή του μαγνησίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012).



**Σχήμα 7.10:** Η κατανομή του καλίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012).



**Σχήμα 7.11:** Η κατανομή του νατρίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας (Ιουλίου, Νοεμβρίου 2012).

Στο Παράρτημα Ι, κεφάλαιο 2: Υδροχημικές αναλύσεις, παρουσιάζονται οι υδροχημικοί χάρτες (1-12), με την κατανομή του κάθε στοιχείου και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας. Όσον αφορά τα χλώρια και τα νιτρικά, οι υδροχημικοί χάρτες τους δίνονται παρακάτω, όπου και γίνεται για την καλύτερη κατανόηση τους, μια πιο λεπτομερής περιγραφή.

#### 7.4.2.1 Κατανομή ιόντων χλωρίου

Ένα βασικό ιόν του υπόγειου νερού είναι το χλώριο (Cl<sup>-</sup>). Οι υπεραντλήσεις για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών, καθώς και η περιορισμένη τροφοδοσία των παράκτιων υδροφόρων

συντελούν στην αντιστροφή της υδραυλικής κλίσης, που έχει ως αποτέλεσμα τη διείσδυση της θάλασσας. Ένας τρόπος ελέγχου της διείσδυσης αποτελεί η συγκέντρωση τους.

Η κατανομή του χλωρίου δίνεται στους χάρτες 7.7 και 7.8, για τον μήνα Ιούλιο και Νοέμβριο αντίστοιχα. Από τους χάρτες αυτούς προκύπτουν τα εξής:

Την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012, η τιμή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου κυμαίνεται από 70 mg/l (P5) έως 724 mg/l (G11) για τον Ιούλιο, και 3 mg/l (P8) έως 1542 mg/l (G14) για τον Νοέμβριο.

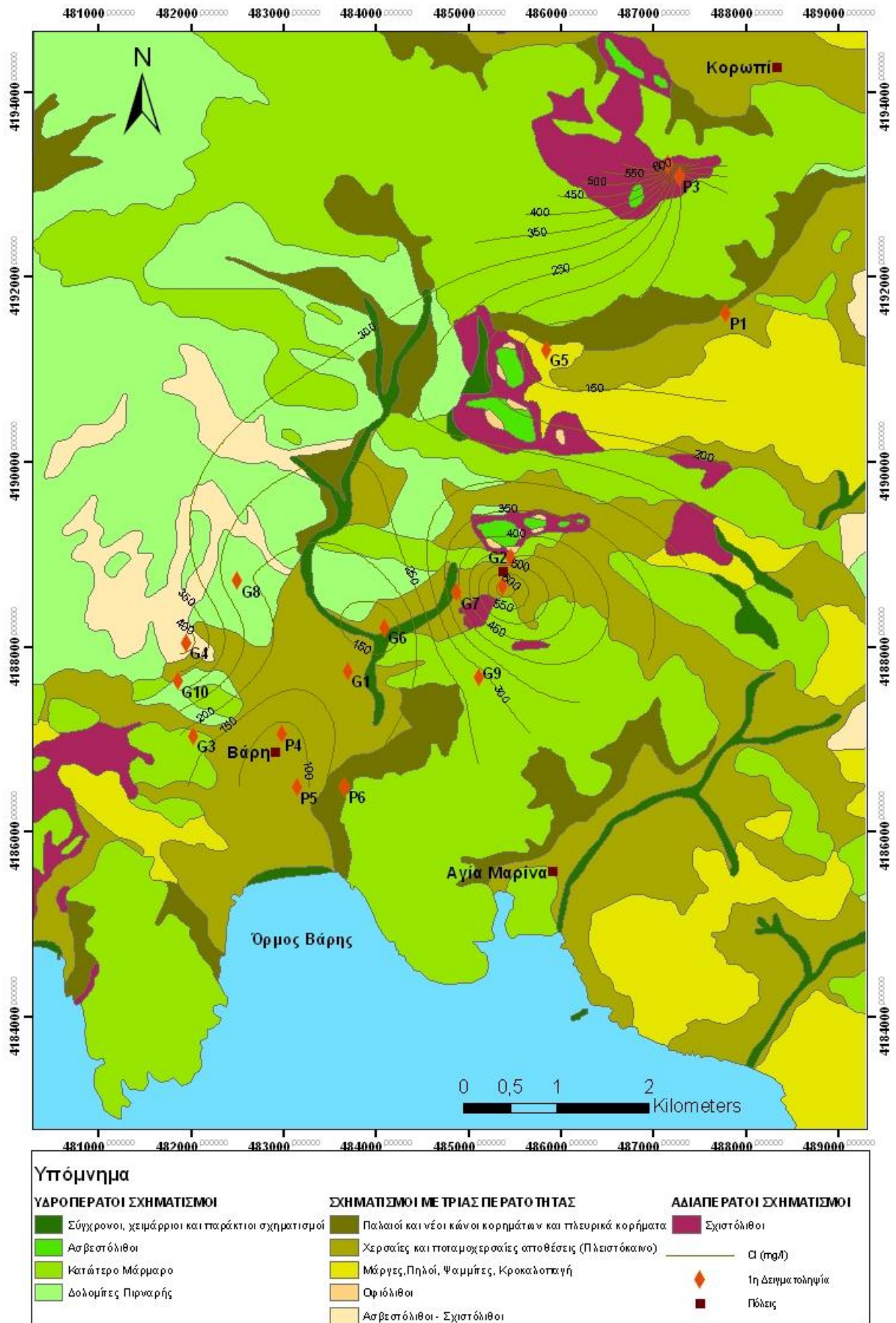
Οι μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου παρατηρούνται και τις δύο περιόδους κυρίως στην καρστική υδροφορία. Πιο συγκεκριμένα:

Για τον μήνα Ιούλιο τα δείγματα, που φανερώνουν μεγάλες τιμές ιόντων χλωρίου είναι G2 με 446 mg/l, G4 με 430 mg/l, G9 με 275 mg/l, G10 με 326 mg/l και G11 με 724 mg/l.

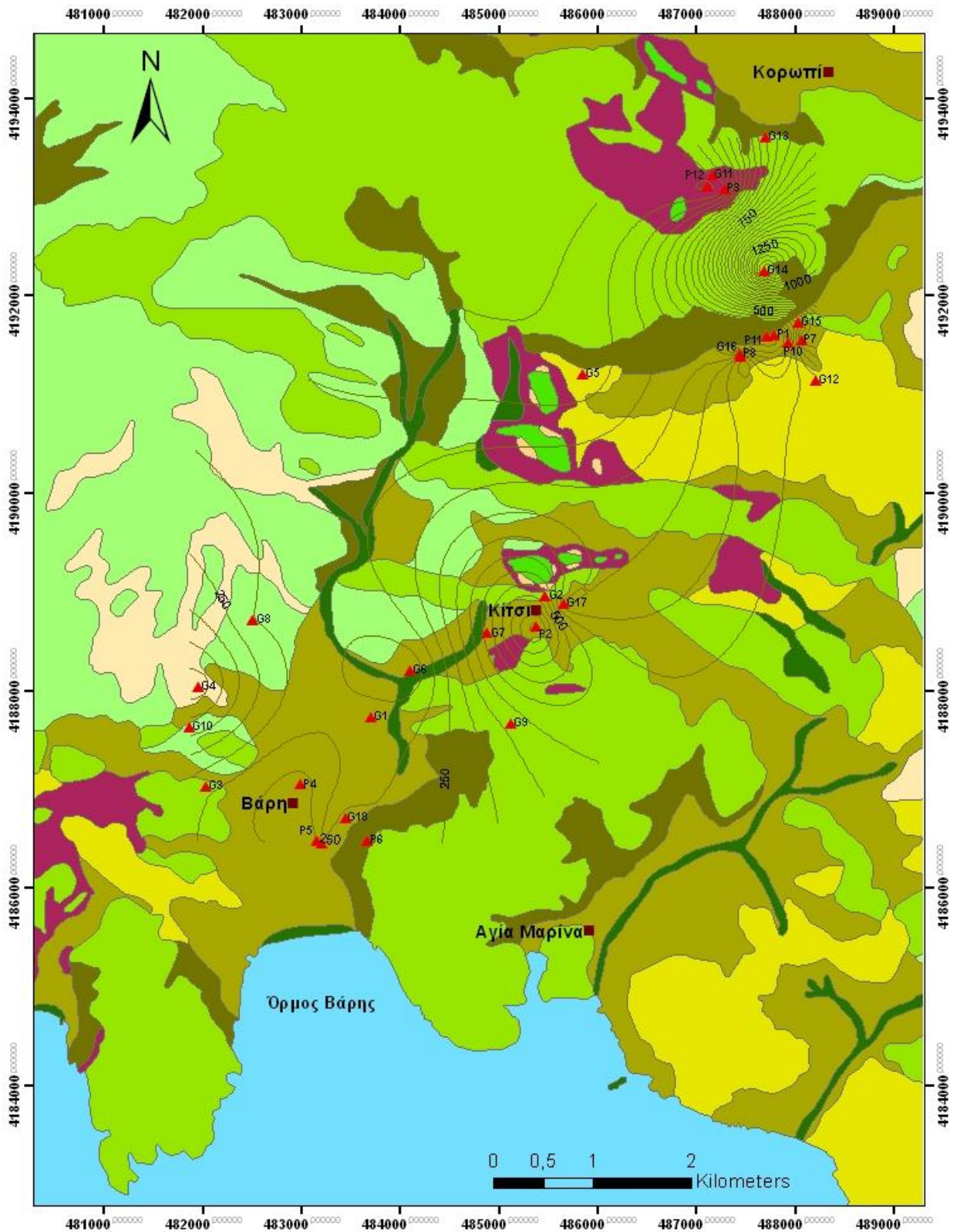
Για τον μήνα Νοέμβρη είναι τα δείγματα G2 με 514 mg/l, G4 με 436 mg/l, G9 με 365 mg/l, G10 με 325 mg/l, G13 με 602 mg/l και G14 με 1542 mg/l. Γενικά παρατηρείται αύξηση των χλωριόντων σε σχέση με τον Ιούλιο, με μια μόνο εξαίρεση (G11).

Επίσης αυξημένες τιμές χλωρίων, υπάρχουν και στον υδροφόρο με τις Πλειστοκαινικές αποθέσεις (G7, G15, G16, G17, P2, P7 & P9) και για τις δύο περιόδους. Πιθανόν υπάρχει τροφοδοσία της καρστικής υδροφορίας προς αυτόν, ή πιθανότερον επέκταση του κάτω από τα τεταρτογενή και απευθείας υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα του όρμου της Βάρης.

Οι υψηλές τιμές χλωρίων, των πηγαδιών P2 & P9 μπορεί να προέρχονται από οικιακά λύματα, ενώ οι υψηλές τιμές του P7, κατά πάσα πιθανότητα, μπορεί να οφείλονται σε βιομηχανικά λύματα (αφού το δείγμα αυτό βρίσκεται στην βιομηχανική ζώνη του Κορωπίου). Επίσης η γεώτρηση G12, με 440 mg/l μπορεί να βρίσκεται πάνω σε εναλλασσόμενες αποθέσεις μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών, αλλά εκμεταλλεύεται υδροφόρο με καρστική υδροφορία, αφού το βάθος της ξεπερνά τα 25 m. Συμπεραίνουμε εκ των ανωτέρων, ότι η διείσδυση της θάλασσας φαίνεται ότι έχει επηρεάσει σημαντικά την καρστική υδροφορία της περιοχής, αλλά και τους υδροφορείς των πλειστοκαινικών αποθέσεων.



**Χάρτης 7.7 :** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του χλωρίου κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



Υπόμνημα		
<b>ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ</b>	<b>ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΜΕ ΤΡΙΑΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Σύγχρονοι, χειμάρριοι και παράκτιοι σχηματισμοί</li> <li>Ασβεστόλιθοι</li> <li>Κατώτερο Μάρμαρο</li> <li>Δολομίτες Πιρναρής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα</li> <li>Χερσαίες και ιτσομοχερσαίες αποθέσεις (Πλειστόκαινο)</li> <li>Μάρμες, Πηλόι, Ψαμμίτες, Κροκαλοπαγή</li> <li>Οφίολιθοι</li> <li>Ασβεστόλιθοι - Σχιστόλιθοι</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Σχιστόλιθοι</li> <li>Cl (mg/l)</li> <li>2η Δειγματοληψία</li> <li>Πόλεις</li> </ul>

**Χάρτης 7.8 :** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του χλωρίου κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

#### 7.4.2.2 Κατανομή νιτρικών

Τα νιτρικά παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των υπόγειων νερών. Η συγκέντρωσή τους, συνδέεται άμεσα με την κτηνοτροφία και τη γεωργία. Τα νιτρικά είναι το φυσικό προϊόν της τελικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων (λιπάσματα, λύματα). Η προέλευση των νιτρικών οφείλεται στα λαχανικά, σε υπολείμματα γλωρίδας και σε ζωικά περιττώματα (Καλλέργης, 2000). Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε ότι στην περιοχή μελέτης, υπάρχουν εντατικές μονάδες γεωργικής καλλιέργειας. Με αποτέλεσμα να έχουμε πολύ μεγάλη αύξηση των νιτρικών. Τα νιτρικά μπορούν επίσης να δημιουργηθούν, με την διαδικασία της νιτροποίησης, κατά την οποία το αμμώνιο μετατρέπεται σε  $\text{NO}_3^-$  με οξείδωση (Κουμαντάκης Ι., κ.ά,1999).

Η κατανομή της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων, φαίνεται στους χάρτες 7.9 και 7.10, και στον πίνακα 7.4, για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας αντίστοιχα. Από τη μελέτη προκύπτει ότι:

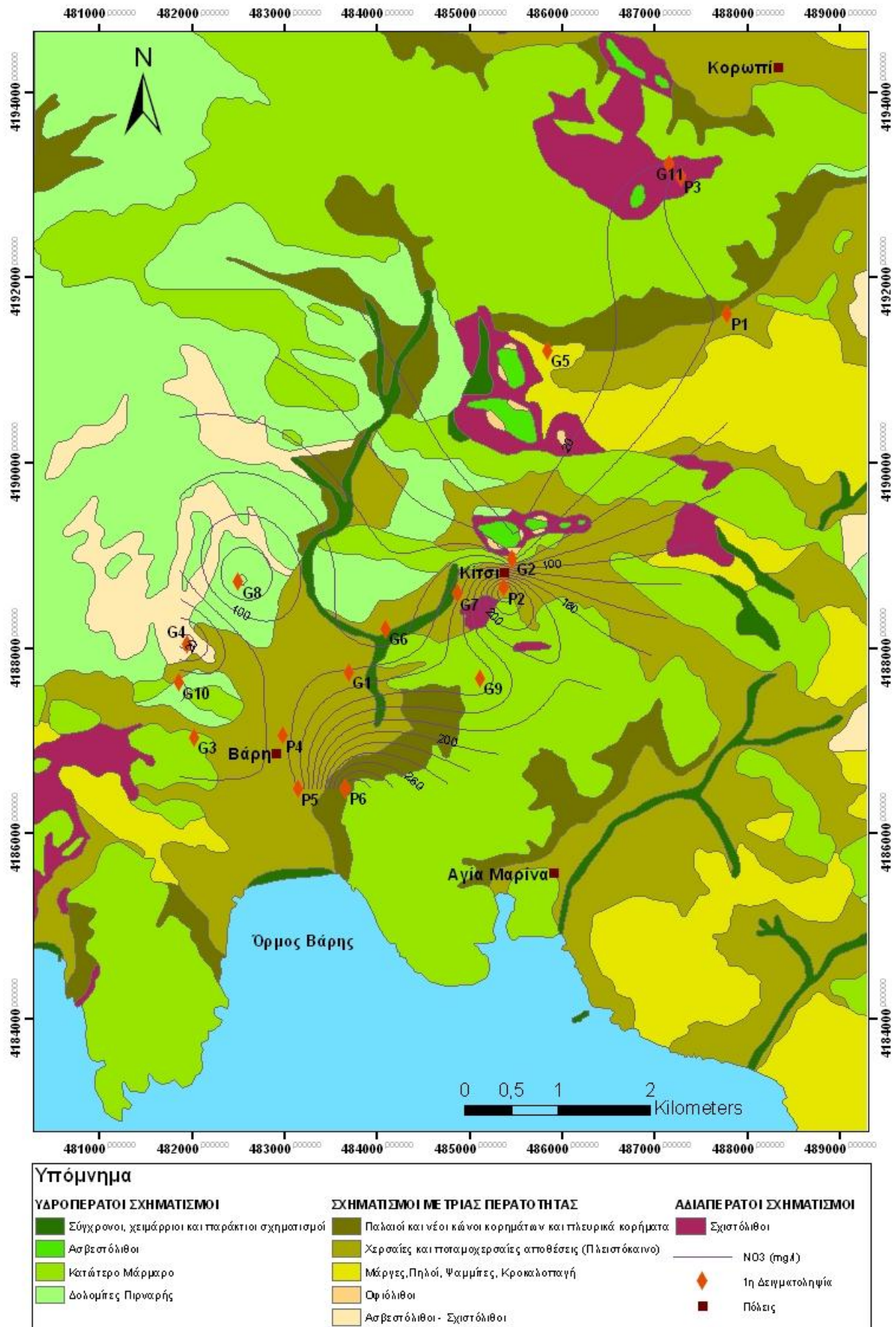
- Η νιτρορύπανση είναι εκτεταμένη στην περιοχή. Σε 20 από τις 30 θέσεις οι τιμές των νιτρικών, ξεπερνούν το ανώτατο αποδεκτό όριο των 50 ppm, για πόσιμο νερό.
- Την περίοδο του Ιουλίου 2012, η τιμή της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων κυμαίνεται από: 4,9 mg/l (G5) έως 324,5 mg/l (P6), και 4 mg/l (G4) έως 432 mg/l (P2) για το Νοέμβριο 2012. Κύριο χαρακτηριστικό και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας, είναι οι πολύ υψηλές τιμές (>50 mg/l) των νιτρικών ιόντων και οι οποίες διατηρούνται σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης.
- Το Νοέμβριο οι τιμές είναι γενικά αυξημένες σε σχέση με τον Ιούλιο.
- Η καρστική υδροφορία έχει επηρεαστεί από την αυξημένη ποσότητα των νιτρικών. Η μια προφανής αιτία, για την αυξημένη ποσότητα των νιτρικών είναι η χρήση των λιπασμάτων, όπως έχει ήδη αναφερθεί.

Στην περίοδο δειγματοληψίας του Νοέμβρη έγινε μικροβιολογική εξέταση (η οποία θα σχολιαστεί παρακάτω). Τα νερά των P1, P2, P3, P4, P5,G4,G5, G8, G14 & G17 έδειξαν ότι φέρουν αποικίες κολοβακτηριδίων. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι υπάρχει διαρροή από μη

στεγανούς βόθρους. Επιπλέον στα πηγάδια P5, P6 & P9, υπάρχει σε κοντινή απόσταση το νεκροταφείο της Βάρης, καθώς και μια εγκαταλειμμένη μεγάλη πτηνοτροφική μονάδα (ΒΟΚΤΑΣ), πράγμα που υποδεικνύουν πιθανές πηγές ρύπανσης νιτρικών.

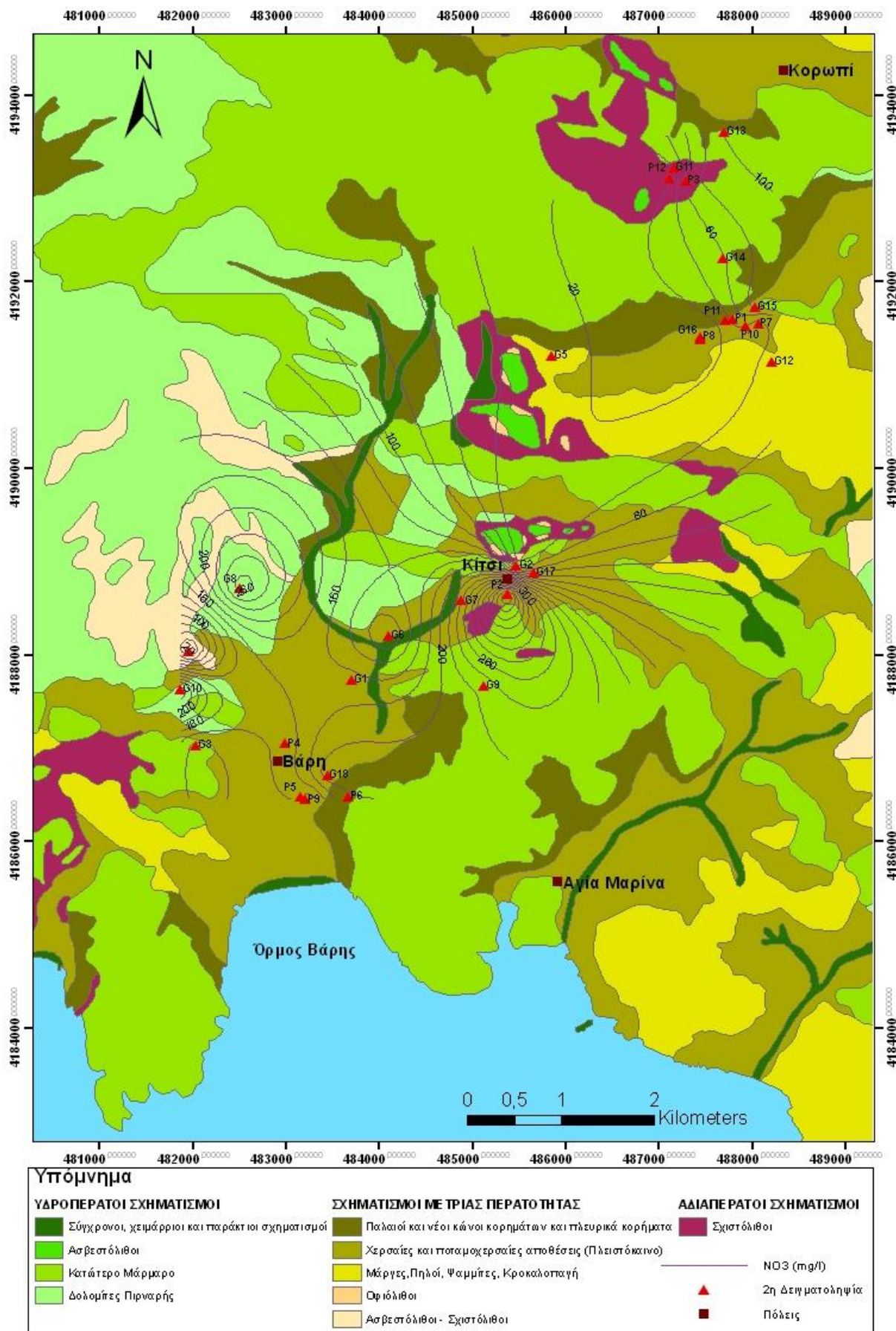
**Πίνακας 7.4:** Υψηλές τιμές των  $\text{NO}_3^-$  και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας.

Κωδικός	Ιούλιος 2012	Νοέμβριος 2012
	(mg/l)	(mg/l)
G1	101.8	168
G3	72	112
G6	61.1	98
G7	112.7	236
G8	146.6	76
G9	122.7	226
G10	84.7	266
G13	-	102
G14	-	58
G15	-	88
G17	-	94
G18	-	214
P1	-	52
P2	270.5	432
P3	56	73
P4	89.7	146
P5	95.9	149
P6	324.5	198,3
P9	-	114,4



**Χάρτης 7.9:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή των νιτρικών κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη :Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).





**Χάρτης 7.10:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή των νιτρικών κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη :Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

### 7.5 Συσχέτιση των χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού.

Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της συγκέντρωσης των διαφόρων ιόντων και των ποιοτικών παραμέτρων του νερού, δίνονται στους πίνακες 7.5 και 7.6, για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας Ιούλιος 2012 και Νοέμβριος 2012, αντίστοιχα. Τα σχετικά διαγράμματα δίνονται στο παράρτημα Ι, κεφάλαιο 2.

**Πίνακας 7.5:** Συντελεστής συσχέτισης (r) των χημικών παραμέτρων για την περίοδο του Ιουλίου 2012.

	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sup>-</sup> <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sup>-2</sup> <sub>4</sub>	NO <sup>-</sup> <sub>3</sub>
Ca <sup>+2</sup>	1							
Mg <sup>+2</sup>	0,09	1						
Na <sup>+</sup>	0,53	0,014	1					
K <sup>+</sup>	0,14	0,65	0,41	1				
HCO <sup>-</sup> <sub>3</sub>	0,06	0,52	0,19	0,36	1			
Cl <sup>-</sup>	0,56	0,49	0,82	0,64	0,25	1		
SO <sup>-2</sup> <sub>4</sub>	0,29	0,23	0,46	0,36	0,24	0,35	1	
NO <sup>-</sup> <sub>3</sub>	0,62	0,15	0,19	0,42	0,02	0,1	0,54	1
E.C.	0,68	0,4	0,84	0,49	0,3	0,97	0,49	0,33
T.D.S	0,74	0,27	0,88	0,41	0,25	0,90	0,56	0,48

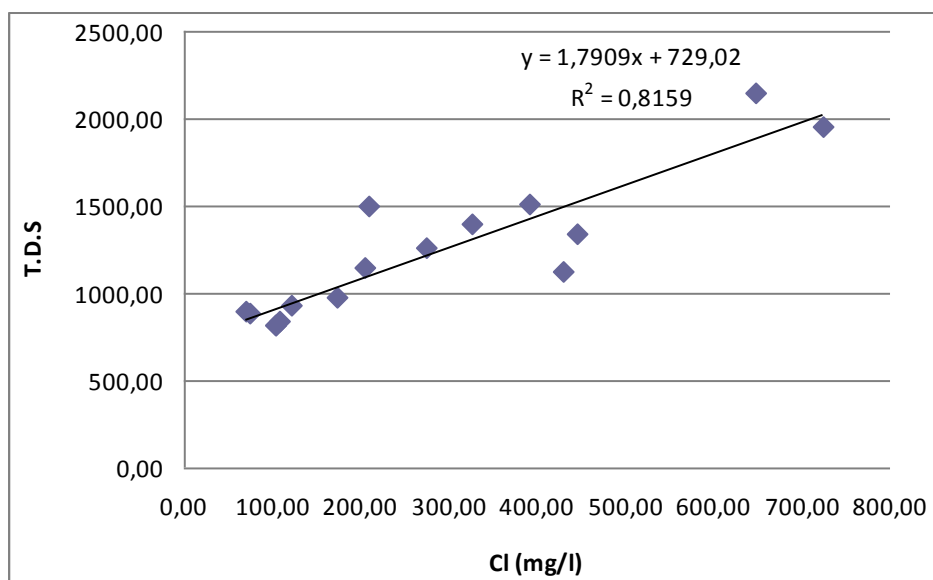
**Πίνακας 7.6:** Συντελεστής συσχέτισης (r) των χημικών παραμέτρων για την περίοδο Νοεμβρίου 2012.

	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sup>-</sup> <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sup>-2</sup> <sub>4</sub>	NO <sup>-</sup> <sub>3</sub>
Ca <sup>+2</sup>	1							
Mg <sup>+2</sup>	0,21	1						
Na <sup>+</sup>	0,27	0,51	1					
K <sup>+</sup>	0,02	0,39	0,82	1				
HCO <sup>-</sup> <sub>3</sub>	0,104	0,52	0,053	0,051	1			
Cl <sup>-</sup>	0,47	0,59	0,95	0,73	0,01	1		
SO <sup>-2</sup> <sub>4</sub>	0,26	0,66	0,37	0,34	0,19	0,37	1	
NO <sup>-</sup> <sub>3</sub>	0,72	0,067	0,01	0,25	0,044	0,092	0,017	1
E.C.	0,54	0,65	0,93	0,70	0,12	0,97	0,47	0,20
T.D.S	0,62	0,67	0,88	0,64	0,16	0,95	0,53	0,30

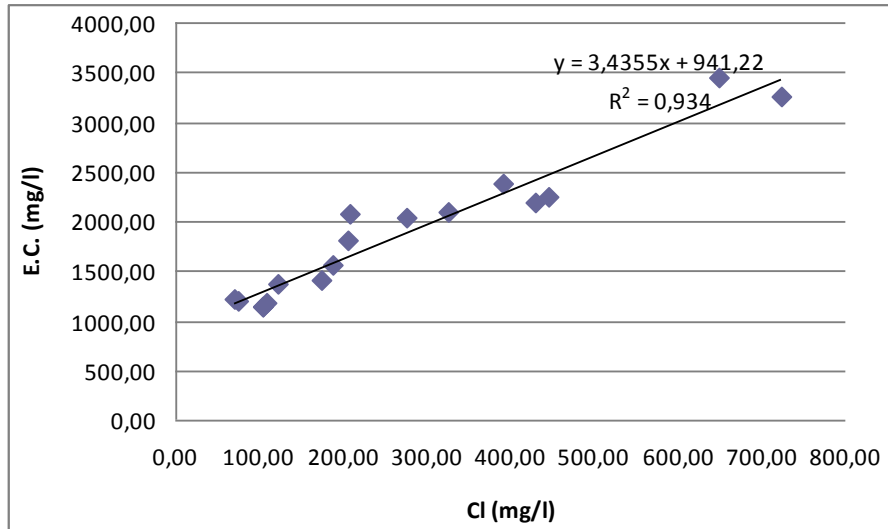
Από τους προηγούμενους πίνακες φαίνεται ότι οι συντελεστές συσχέτισης, στις δύο περιόδους δειγματοληψίας, είναι παρόμοιοι με ελάχιστες διαφοροποιήσεις. Συγκεκριμένα, από τη συσχέτιση μεταξύ των ποιοτικών παραμέτρων του νερού και των ιόντων προκύπτουν τα εξής:

- Ισχυρή συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ της αγωγιμότητας και των ιόντων χλωρίου ( $r=0,97$ ) και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας, αλλά και των ιόντων Na, ( $r=0,84$  και  $r=0,93$ ).
- Επίσης ισχυρή συσχέτισης παρουσιάζεται και στα T.D.S με τα ιόντα χλωρίου ( $r=0,90$  και  $r=0,95$ ) και νατρίου ( $r=0,88$ ).
- Όσον αφορά τη συσχέτιση των ιόντων μεταξύ τους, παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση του χλωρίου με το νάτριο ( $r=0,82$  και  $r=0,95$ ).

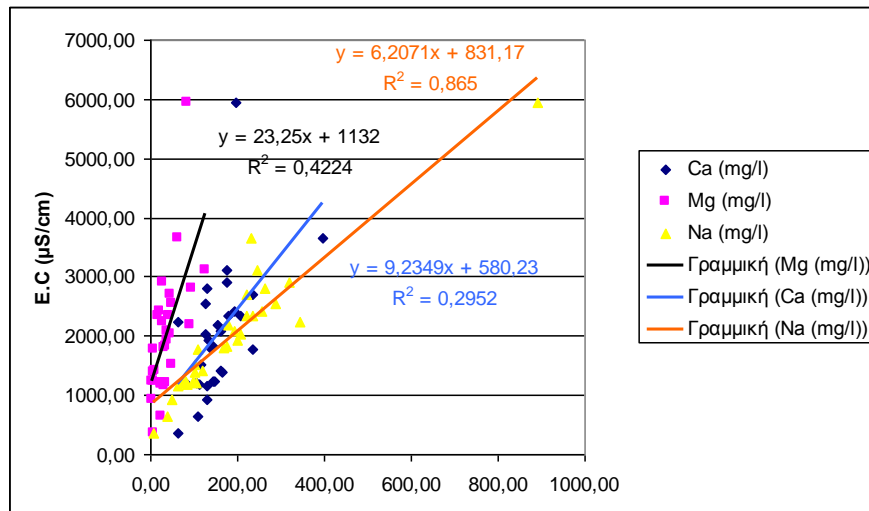
Στα σχήματα 7.12-7.17, που ακολουθούν παρατηρείται αυτή η ισχυρή συσχέτιση, που περιγράφηκε παραπάνω.



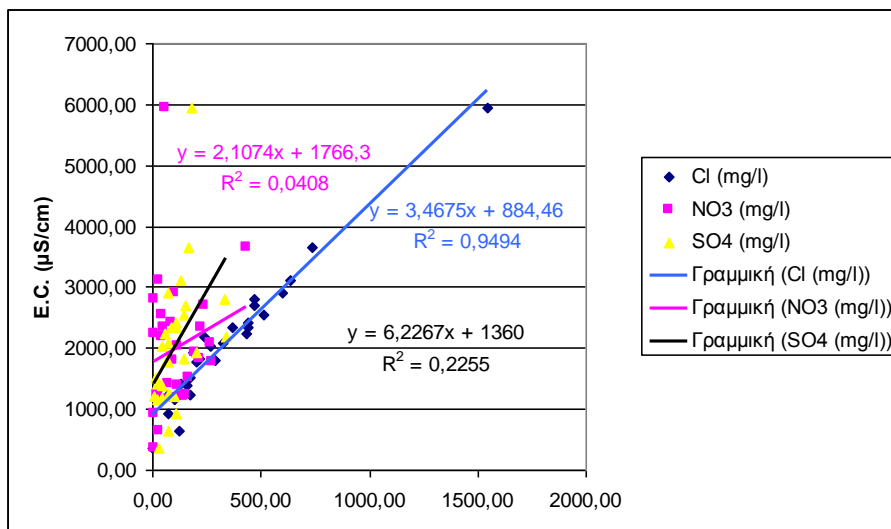
**Σχήμα 7.12:** Σχέση των T.D.S με τα ιόντα χλωρίου (Ιούλιος 2012).



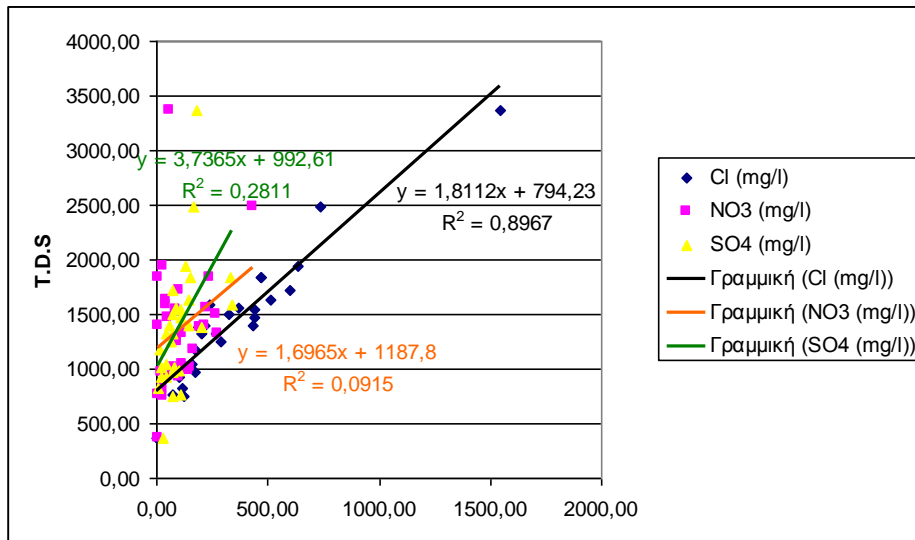
**Σχήμα 7.13:** Σχέση της αγωγιμότητας με τα ιόντα χλωρίου (Ιούλιος 2012).



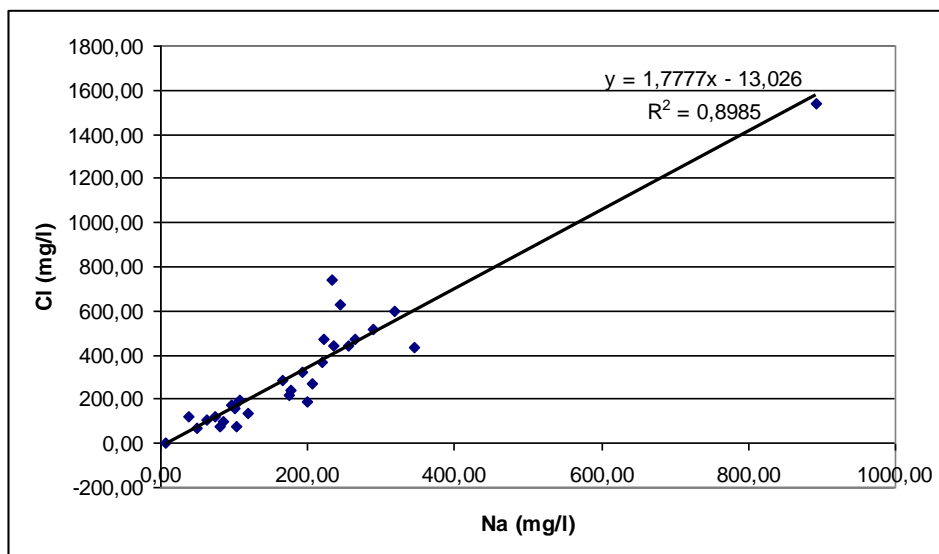
**Σχήμα 7.14:** Σχέση της αγωγιμότητας με τα ιόντα νατρίου, όσο αφορά την ισχυρή συσχέτιση (Νοέμβριος 2012).



**Σχήμα 7.15:** Σχέση της αγωγιμότητας με τα ιόντα χλωρίου, όσο αφορά την ισχυρή συσχέτιση (Νοέμβριος 2012).



**Σχήμα 7.16:** Σχέση των T.D.S με τα ιόντα χλωρίου, όσο αφορά την ισχυρή συσχέτιση (Νοέμβριος 2012).



**Σχήμα 7.17:** Σχέση των ιόντων χλωρίου με τα ιόντα νατρίου (Νοέμβριος 2012).

## 7.6 Ιοντικές σχέσεις

Οι ιοντικές σχέσεις βοηθούν στην αναγνώριση της προέλευσης των νερών (Καλλέργης, 2000). Οι ιοντικές σχέσεις, που υπολογίστηκαν στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας, δίνονται ακολούθως στους πίνακες 7.7 και 7.8, καθώς και το σφάλμα του ισοζυγίου, για τις περιόδους δειγματοληψίας του Ιουλίου και του Νοεμβρίου 2012, αντίστοιχα.

Η σχέση Mg/Ca σχετίζεται με τα πετρώματα μέσα από τα οποία διέρχεται το υπόγειο νερό. Συγκεκριμένα στους ασβεστολιθικούς υδροφόρους, ο λόγος Mg/Ca κυμαίνεται από 0,5-0,7, σε δολομιτικούς υδροφόρους από 0,7-0,9, ενώ οι τιμές μεγαλύτερες του 0,9 αντιστοιχούν σε πυριτικούς υδροφόρους. Από τους πίνακες, φαίνεται μια ποικιλομορφία, οι τιμές του λόγου Mg/Ca αντιστοιχούν και στις τρεις κατηγορίες. Σε όλα δείγματα η συγκέντρωση του Ca είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση του Mg, που σημαίνει ότι πρόκειται για νερά που ανανεώνονται γρήγορα (Σούλιος, 2006).

Η σχέση Na/Cl σχετίζεται με την υφαλμύρωση και τη διείδυση του θαλασσινού νερού. Ο λόγος αυτός αν είναι 0,876 πρόκειται για κανονικό υπόγειο νερό, αν είναι μεγαλύτερος της μονάδας πρόκειται για νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα και αν είναι μικρότερος από 0,876 τότε έχουμε υφαλμύρωση (Σούλιος, 2006). Από τους πίνακες, προκύπτει ότι οι τιμές του λόγου Na/Cl αντιστοιχούν και στις τρεις κατηγορίες. Όμως θεωρούμε ότι οι μικρότερες τιμές (κάτω του 0,87) που θεωρούνται δηλωτικές της υφαλμύρωσης, υποβαθμίζουν το φαινόμενο αυτό στη περιοχή μελέτης.

Η σχέση Na/K σχετίζεται με το αν το νερό είναι θαλασσινό ή βρόχινο ή αν υπάρχει περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων. Ο λόγος Na/K αν είναι 47 τότε έχουμε θαλασσινό νερό, αν ισούται με 10 έχουμε βρόχινο, αν κυμαίνεται από 15-25 το νερό είναι σε περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων και αν ο λόγος κυμαίνεται από 50-70 το νερό είναι σε κατάντη τμήμα του υδροφορέα σε σχέση με την διεύθυνση ροής (Σούλιος, 2006). Από τους πίνακες, προκύπτει ότι οι τιμές του λόγου Na/K ποικίλουν από 4,64 (G1) έως και 207,55 (P7). Αποδεικνύοντας ότι, τα προαναφερθέντα μπορεί να ισχύουν μόνο για νερά που δεν έχουν υποστεί ανθρωπογενή ρύπανση.

Η σχέση Cl/SO<sub>4</sub> σχετίζεται με την υφαλμύριση και την ύπαρξη υπολειμματικών αλάτων στους υδροφορείς. Ο λόγος Cl/SO<sub>4</sub> αν ισούται με 10 το νερό είναι θαλασσινό, αν είναι

μικρότερος από 5 το νερό είναι χλωριούχο, αν κυμαίνεται από 1-5 το νερό είναι χλωροθειούχο, αν ισούται από 0,2-1 το νερό είναι θειούχο – χλωριούχο και αν είναι μικρότερος του 0,2 το νερό είναι θειούχο (Σούλιος, 2006). Από τους πίνακες, προκύπτει ότι οι τιμές του λόγου  $Cl/SO_4$  κυμαίνονται σε ένα ευρύ φάσμα, με άλλα λόγια υπάρχει μια ποικιλομορφία νερών, με σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ Ιουλίου και Νοεμβρίου.

Τέλος, ο λόγος  $(Ca+Mg)/(Na+K)$  σχετίζεται με την τροφοδοσία του υπόγειου νερού. Πιο συγκεκριμένα αν ο λόγος αυτός είναι μεγαλύτερος της μονάδας τότε έχουμε υδροφόρο στρώμα με συνεχή τροφοδοσία. Αν όμως είναι μικρότερος έχουμε παλιό νερό (έχει μείνει για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να ανανεωθεί) στα κατάντη τμήματα του υδροδορέα (Σούλιος, 2006). Από τους πίνακες προκύπτει ότι οι τιμές του λόγου  $(Ca+Mg)/(Na+K)$  αντιστοιχούν και στις δύο κατηγορίες.

Επισημαίνεται ότι η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των ιοντικών σχέσεων θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και να λαμβάνονται υπόψη οι υδρογεωλογικές συνθήκες, που επικρατούν στην περιοχή, αφού η μονόπλευρη ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να οδηγήσει σε αντιφατικές αναλύσεις.

**Πίνακας 7.7:** Ιοντικές σχέσεις και συντελεστές του υπογείου νερού (19-20 Ιουλίου 2012).

	Κωδικός	Mg+2/Ca+2	[Ca+2 + Mg+2 ] / [Na+ + K+ ]	Na+ / Cl-	Na+ / K+	Cl- / SO4-2	Σφάλμα ισοζυγίου
		meq/l	meq/l	Meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Γεωτρήσεις	G1	0,63	3,58	0,43	4,64	0,29	-4,2
	G2	0,63	0,81	0,98	30,20	0,37	8,1
	G3	0,26	1,82	1,13	43,21	0,31	10,6
	G4	1,80	5,11	0,15	2,96	0,21	-14,1
	G5	0,40	2,00	1,27	20,19	0,06	3,9
	G6	0,47	2,19	1,35	40,65	0,08	9,0
	G7	0,43	1,13	1,06	65,62	0,10	8,3
	G8	0,30	1,91	1,07	53,68	0,07	7,7
	G9	0,29	1,16	1,16	48,24	0,32	6,8
	G10	0,49	1,12	1,08	48,70	0,06	3,2
	G11	0,44	0,52	1,06	28,35	0,23	8,3
	P1	0,54	2,52	1,10	10,73	0,16	7,6
	P2	0,20	1,51	0,77	69,11	0,22	7,5
	Πηγάδια	P3	0,03	1,33	1,59	88,6	0,38
P4		0,44	1,44	2,50	43,44	0,03	6,6
P5		0,46	2,25	1,87	45,19	0,04	2,4
P6		0,37	1,14	1,55	118,52	0,04	-3,7
Στατιστικά στοιχεία	Μέση τιμή	<b>0,42</b>	<b>1,37</b>	<b>1,00</b>	<b>30,59</b>	<b>0,12</b>	<b>4,12</b>
	Ελάχιστη	<b>0,05</b>	<b>2,47</b>	<b>0,92</b>	<b>29,56</b>	<b>0,22</b>	<b>-14,10</b>
	Μέγιστη	<b>0,44</b>	<b>1,16</b>	<b>1,06</b>	<b>28,35</b>	<b>0,13</b>	<b>10,60</b>
	Τυπική απόκλιση	<b>0,50</b>	<b>0,85</b>	<b>0,93</b>	<b>25,47</b>	<b>0,12</b>	<b>6,31</b>
	Διασπορά	<b>1,20</b>	<b>0,59</b>	<b>0,93</b>	<b>0,83</b>	<b>1,01</b>	<b>1,53</b>



**Πίνακας 7.8:** Ιοντικές σχέσεις και συντελεστές του υπογείου νερού (6-7 Νοεμβρίου 20112).

	Κωδικός	Mg+2/Ca+2	[Ca+2 + Mg+2 ] / [Na+ + K+ ]	Na+ / Cl-	Na+ / K+	Cl- / SO4-2	Σφάλμα ισοζυγίου
		meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Γεωτρήσεις	G1	0,69	2,13	0,91	33,37	13,02	-8,40
	G2	0,64	0,79	0,87	28,88	4,77	-4,70
	G3	0,06	1,91	0,97	35,73	4,93	-5,50
	G4	0,75	0,36	1,22	32,07	9,85	0,40
	G5	0,72	2,03	0,97	26,58	16,12	-7,20
	G6	0,37	2,04	1,32	51,64	3,05	-5,90
	G7	0,33	1,59	0,73	89,92	4,23	-5,20
	G8	0,04	2,52	0,84	51,32	3,80	-4,10
	G9	0,14	1,21	0,93	46,78	5,89	-2,40
	G10	0,40	1,32	0,92	94,05	6,12	-6,00
	G11	0,09	1,84	0,88	39,37	3,11	-6,50
	G12	0,38	1,17	0,82	49,97	5,42	0,00
	G13	0,28	0,78	0,82	41,75	11,33	-3,00
	G14	0,72	0,42	0,89	44,63	11,61	1,90
	G15	0,18	0,99	0,90	39,59	5,66	-0,70
	G16	1,20	1,18	0,87	17,27	1,90	-4,00
	G17	0,39	1,29	0,89	37,88	6,29	-4,10
	G18	0,40	1,30	1,22	42,29	2,07	-6,40
	P1	0,42	3,12	0,92	11,99	5,87	-2,70
	P2	0,27	2,45	0,49	99,10	6,08	-4,50
P3	0,12	1,71	1,39	113,13	8,58	2,40	
P4	0,39	1,59	2,08	45,41	1,06	-5,80	
Πηγάδια	P5	0,04	2,09	1,70	38,09	1,27	-11,10
	P6	0,48	1,14	1,63	112,85	1,25	-2,60
	P7	1,18	1,80	0,60	207,55	6,49	-1,70
	P8	0,20	13,69	2,98	8,97	0,13	-9,80
	P9	0,59	1,07	1,18	30,55	8,71	1,60
	P10	0,98	1,94	1,15	100,94	0,95	-0,80
	P11	0,35	4,19	0,49	27,57	2,26	-10,70
	P12	0,05	3,16	1,06	91,30	0,86	-10,70
Στατιστικά στοιχεία	Μέση τιμή	<b>0,40</b>	<b>1,28</b>	<b>0,90</b>	<b>42,10</b>	<b>4,23</b>	<b>-4,27</b>
	Ελάχιστη	<b>0,10</b>	<b>12,78</b>	<b>2,98</b>	<b>10,96</b>	<b>0,41</b>	<b>-11,10</b>
	Μέγιστη	<b>0,52</b>	<b>0,76</b>	<b>0,89</b>	<b>44,63</b>	<b>6,15</b>	<b>2,40</b>
	Τυπική απόκλιση	<b>0,78</b>	<b>0,78</b>	<b>0,82</b>	<b>35,80</b>	<b>4,99</b>	<b>3,74</b>
	Διασπορά	<b>1,95</b>	<b>0,65</b>	<b>0,91</b>	<b>0,85</b>	<b>1,18</b>	<b>-0,87</b>

## 7.7 Υδροχημικά διαγράμματα των χημικών αναλύσεων

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας, για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας, απεικονίζονται σε διαγράμματα: Durov, Ludwig Langelier, Piper, Schoeller & Wilcox (διάγραμμα αρδευτικής καταλληλότητας SAR, το οποίο παρουσιάζεται στην παράγραφο 7.9.2, Καταλληλότητα για αρδευτική χρήση). Επίσης στα διαγράμματα αυτά, έχει γίνει ένας χρωματικός διαχωρισμός των υπό περιοχών της περιοχής μελέτης, που ελήφθησαν τα δείγματα.

Στα σχήματα 7.18-7.25, που ακολουθούν δίνεται η κατανομή των δειγμάτων νερού σε υδροχημικά διαγράμματα, για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας. Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

**Διάγραμμα Piper:** Τα διαγράμματα Piper είναι συνδυασμός τριγώνων κατιόντων κι ανιόντων, που βρίσκονται σε μια κοινή βασική γραμμή. Οι γειτονικές πλευρές των δύο τριγώνων βρίσκονται  $60^\circ$  χωριστά. Ένα σχήμα ρόμβου μεταξύ αυτών, χρησιμοποιείται για επανασχεδιασμό των αναλύσεων ως κύκλων των οποίων οι επιφάνειες είναι ανάλογες των ολικών διαλυμένων στερεών τους. Η θέση μιας ανάλυσης σε ένα διάγραμμα Piper μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια δοκιμαστική εικόνα, ως προς την προέλευση του νερού, που αντιπροσωπεύεται από την ανάλυση (Κελεπερτζής Α., 2007).

Τέσσερα βασικά συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν από την προβολή των δειγμάτων σε αυτά τα διαγράμματα. Αυτά είναι: ο τύπος νερού, η καθίζηση ή διάλυση, η μίξη και η ιοντοανταλλαγή.

Όσον αφορά την περιοχή της Βάρης (πορτοκαλί σύμβολο), η πλειοψηφία των δειγμάτων καταλαμβάνουν το μέσο κομμάτι της περιοχής του ρόμβου, μεταξύ των ποσοστών 30 και  $60\%$ . Παρατηρούμε, ότι αρκετά από τα δείγματα παρουσιάζουν μια τάση διαφοροποίησης, προς τον νατριοκαλιούχο τύπο νερού, όσον αφορά τα κατιόντα και αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από την διείσδυση του θαλασσινού μετώπου, που υφίσταται η περιοχή λόγω των υπεραντλήσεων των υπόγειων νερών. Στο τρίγωνο των ανιόντων, τα περισσότερα δείγματα, τείνουν στον όξινο ανθρακικό τύπο νερού, αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από τη διαδικασία διάλυσης των ανθρακικών ορυκτών κατά την καρστικοποίηση. Τέλος, στο ρομβοειδές κομμάτι του διαγράμματος, η πλειονότητα των δειγμάτων νερού ανήκει στην κατηγορία

ασβεστομαγνησιούχα - χλωριοθειούχα και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας, έτσι όπως φαίνεται στα σχήματα 7.18 & 7.19.

Για τα δείγματα, από την περιοχή Κορωπί – Λαμπρικά - Κορωπί (μπλε – ροζ σύμβολο), η εικόνα είναι η εξής: στο ρομβοειδές κομμάτι του διαγράμματος, μόνο ένα δείγμα αποκλίνει στο δεξιό άνω τμήμα μεταξύ των ποσοστών 20 και 40 % έτσι όπως φαίνεται στα σχήματα 7.18 & 7.19. Ενώ τα υπόλοιπα δείγματα, είναι συγκεντρωμένα στο κεντρικό τμήμα του και μεταξύ των ποσοστών 20 και 40 % για την πρώτη περίοδο, και περίπου 20 και 60 % για την δεύτερη περίοδο. Στα τριγωνικά τμήματα και ειδικότερα στο αριστερό, όπου απεικονίζονται τα κατιόντα, μόνο ένα δείγμα αποκλίνει προς τον νατριοκαλιούχο τύπο νερού, όσο αφορά την περίοδο του Ιουλίου, ενώ για την περίοδο του Νοέμβρη έχουμε δύο δείγματα. Τα υπόλοιπα εισέρχονται μέσα στον τομέα του ασβεστούχου νερού, ενώ όσον αφορά τα ανιόντα, στο δεξιό τριγωνικό τμήμα μόνο ένα δείγμα αποκλίνει στον χλωριούχο τύπο νερού, όσον αφορά τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας. Τα υπόλοιπα δείγματα τείνουν προς τον όξινο ανθρακικό τύπο νερού (και για τις δύο περιόδους). Οι δύο αυτές τάσεις, μπορούν να εξηγηθούν αφενός, μέσω της διάλυσης των ασβεστολιθικών κροκαλών, που υπάρχουν μέσα στον υδροφορέα των νεογενών και αφετέρου, μέσω της διαδικασίας διάλυσης των ανθρακικών ορυκτών στην καρστικοποίηση.

Η εικόνα από τα διαγράμματα Piper για την περιοχή Κίτσι (πράσινο σύμβολο) είναι η εξής: η πλειοψηφία των δειγμάτων καταλαμβάνουν το μέσο κομμάτι της περιοχής του ρόμβου, μεταξύ των ποσοστών 39 και 80 % (και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας). Όσον αφορά τα τριγωνικά τμήματα και ειδικότερα στο αριστερό όπου απεικονίζονται τα κατιόντα, μόνο ένα δείγμα αποκλίνει προς τον νατριοκαλιούχο τύπο νερού (και στις δύο περιόδους), ενώ τα υπόλοιπα τείνουν στον ασβεστούχο τύπο, αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από την διάλυση ασβεστούχων κροκαλών που υπάρχουν μέσα στον υδροφορέα των νεογενών της περιοχής. Στο τρίγωνο των ανιόντων, μόνο ένα δείγμα (και στις δύο περιόδους) αποκλίνει στον όξινο ανθρακικό τύπο νερού, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δείγματα, που τείνουν στον χλωριούχο τύπο, αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από την προσβολή της θάλασσας λόγω των υπεραντλήσεων που υφίσταται η περιοχή.

**Διάγραμμα Durov:** Τα διαγράμματα Durov αποτελούνται από δυο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα, που συνδέονται με ένα τετραγωνικό, διαχωριζόμενο σε 9 επί μέρους τετραγωνίδια, τα οποία αντιστοιχούν σε κατηγορίες νερού, αλλά και σε περιοχές στις οποίες συμβαίνουν στο νερό διάφορες υδροχημικές διαδικασίες.

Προβάλλονται στα χωριστά τρίγωνα τα ανιόντα και κατιόντα. Στη συνέχεια η προέκταση των καθέτων στις βάσεις των ισόπλευρων τριγώνων, που ξεκινούν από τα σημεία που παριστάνουν την % περιεκτικότητα του νερού σε ανιόντα και κατιόντα, τέμνονται σε ένα σημείο που παριστάνει την κύρια ιοντική συγκέντρωση % στο νερό.

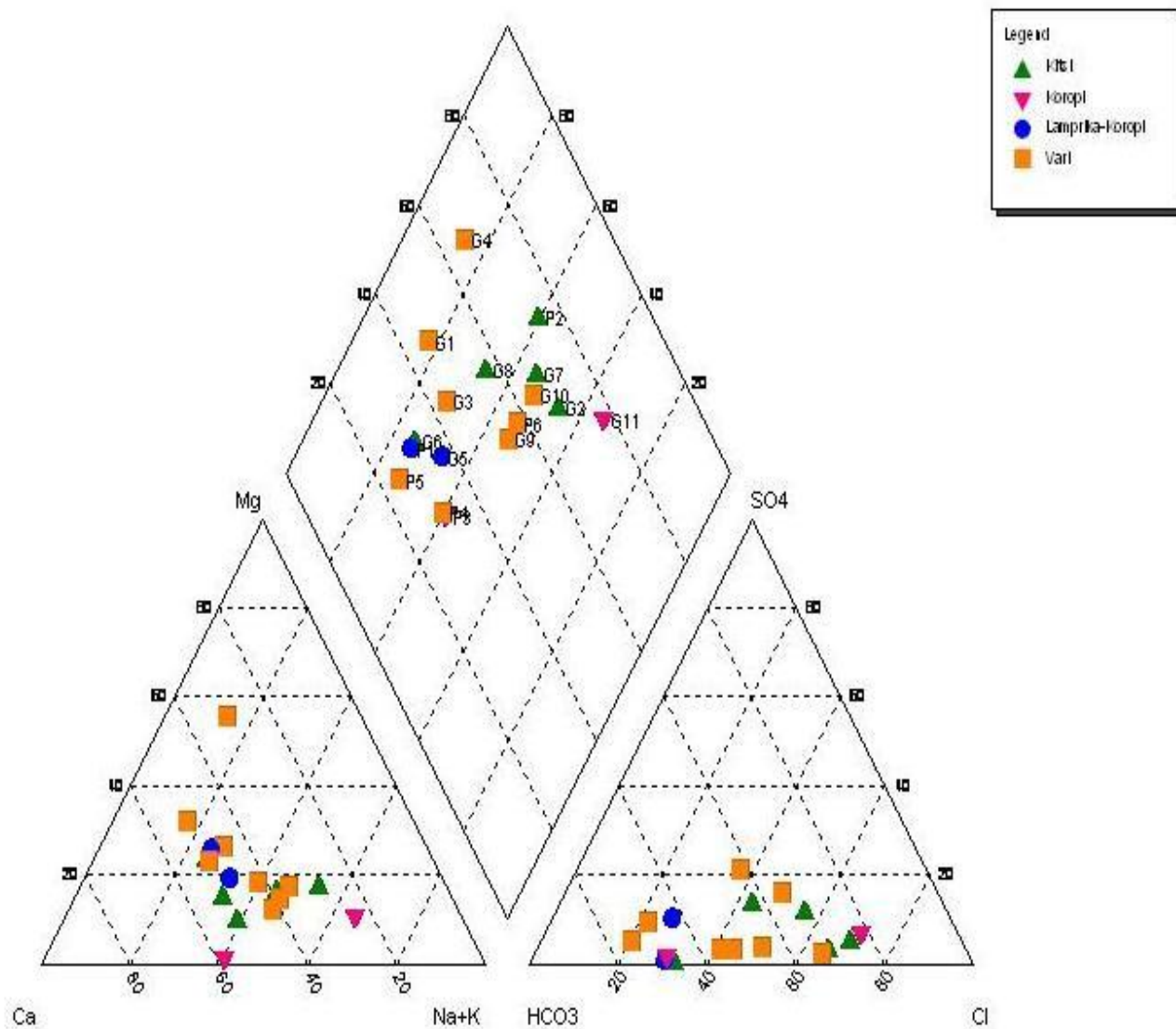
Στα σχήματα 7.20 & 7.21 των δύο περιόδων δειγματοληψίας αντίστοιχα, παρατηρούμε ότι και οι τρεις περιοχές, παρουσιάζουν την ίδια γενική εικόνα. Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε μια γραμμική κλιμάκωση, που δείχνει την εξέλιξη των νερών από μαγνησιούχα σε μικτά νερά για να καταλήξουν σε χλωριούχα, που οφείλονται από την διείσδυση της θάλασσας.

**Διάγραμμα Ludwig Langelier:** Το διάγραμμα Ludwig – Langelier εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλώριο – θεικό και κάλιο – νατριούχο χαρακτήρα τους. Όσο τα δείγματα απομακρύνονται από την αρχή των αξόνων, τόσο ισχυροποιείται ο χαρακτήρας που έχουν.

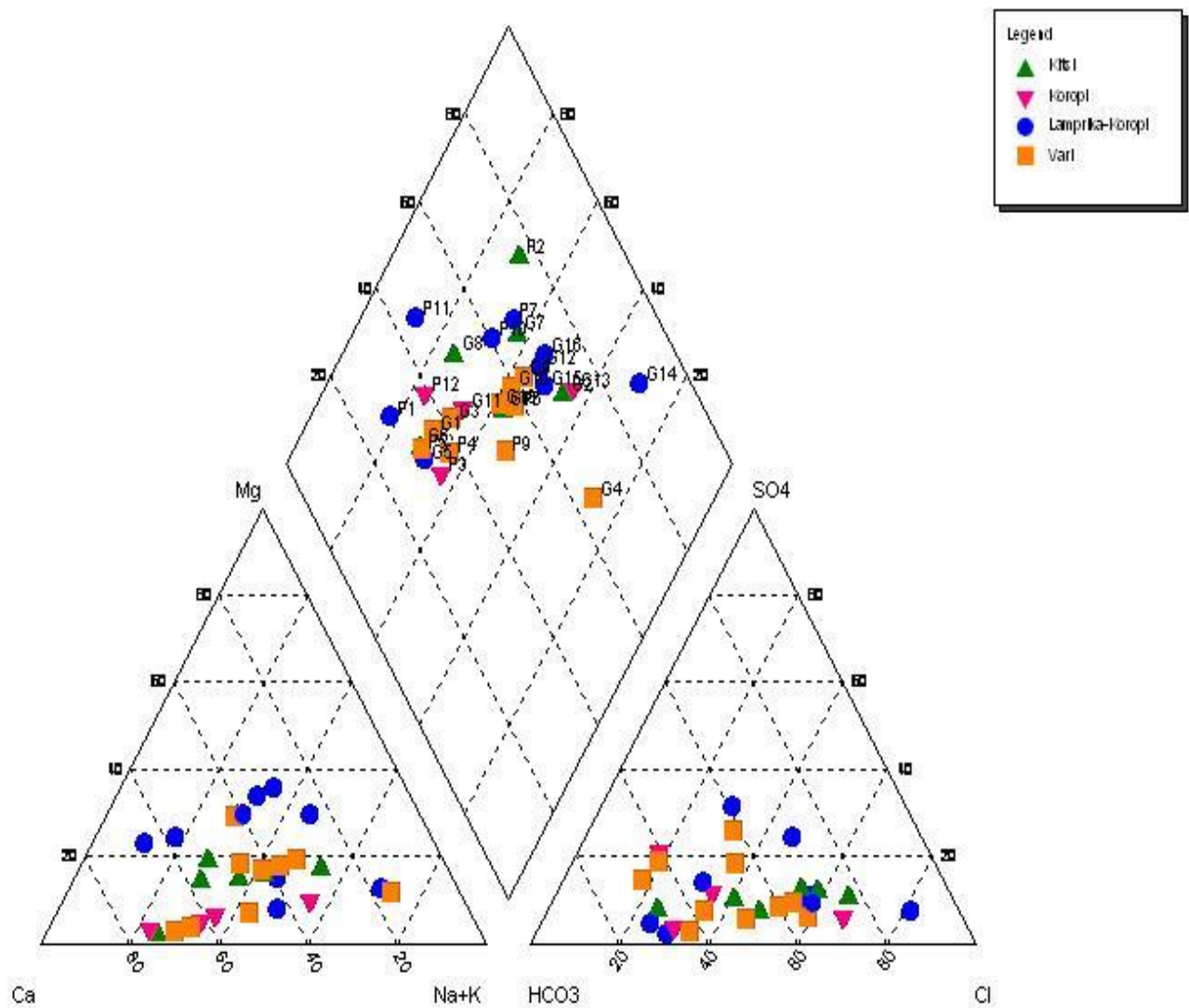
Παρατηρούμε και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας (Ιούλιος – Νοέμβριος 2012), ότι η πλειονότητα των δειγμάτων παρουσιάζει μια γραμμική κλιμάκωση. Πιο συγκεκριμένα από τον χλωριοθειούχο τύπο μεταβαίνουν στο μικτό τύπο νερού (όπως αποτυπώνεται στα σχήματα 7.22 & 7.23).

**Διάγραμμα Schoeller:** Πρόκειται για διαγράμματα που στον κατακόρυφο άξονα, έχει τιμές διαφόρων ιόντων σε ημιλογαριθμική κλίμακα και στον οριζόντιο σε δεκαδική κλίμακα τα διάφορα ιόντα, με την εξής σειρά: Ca, Mg, Na+K, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>. Οι τιμές των ιόντων κάθε δείγματος ενώνονται στο διάγραμμα με μια τεθλασμένη γραμμή. Όταν η τεθλασμένη αυτή έχει το κυρτό μέρος προς τα πάνω, το νερό είναι υφάλμυρο, ενώ όταν έχει το κοίλο, το νερό είναι γλυκό. Ακόμη όσο πιο «πάνω» βρίσκεται αυτή, τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα (T.D.S.).

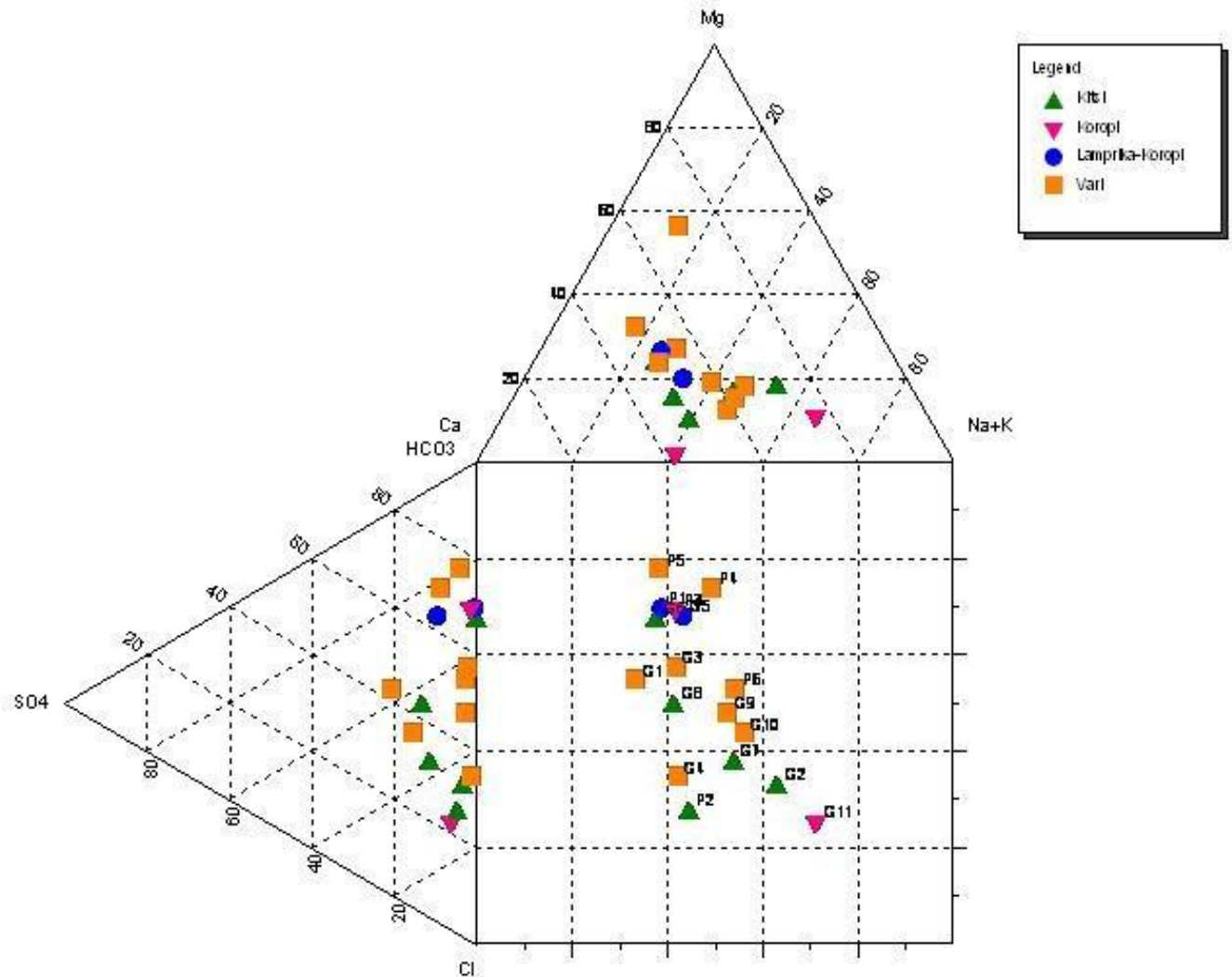
Παρακάτω στα σχήματα 7.24 & 7.25, παρουσιάζουμε το συνολικό διάγραμμα Schoeller των περιοχών της υπό μελέτης λεκάνης και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι και οι τρεις περιοχές παρουσιάζουν την ίδια γενική εικόνα. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει μια διακύμανση από υφάλμυρο σε γλυκό και πάλι υφάλμυρο νερό.



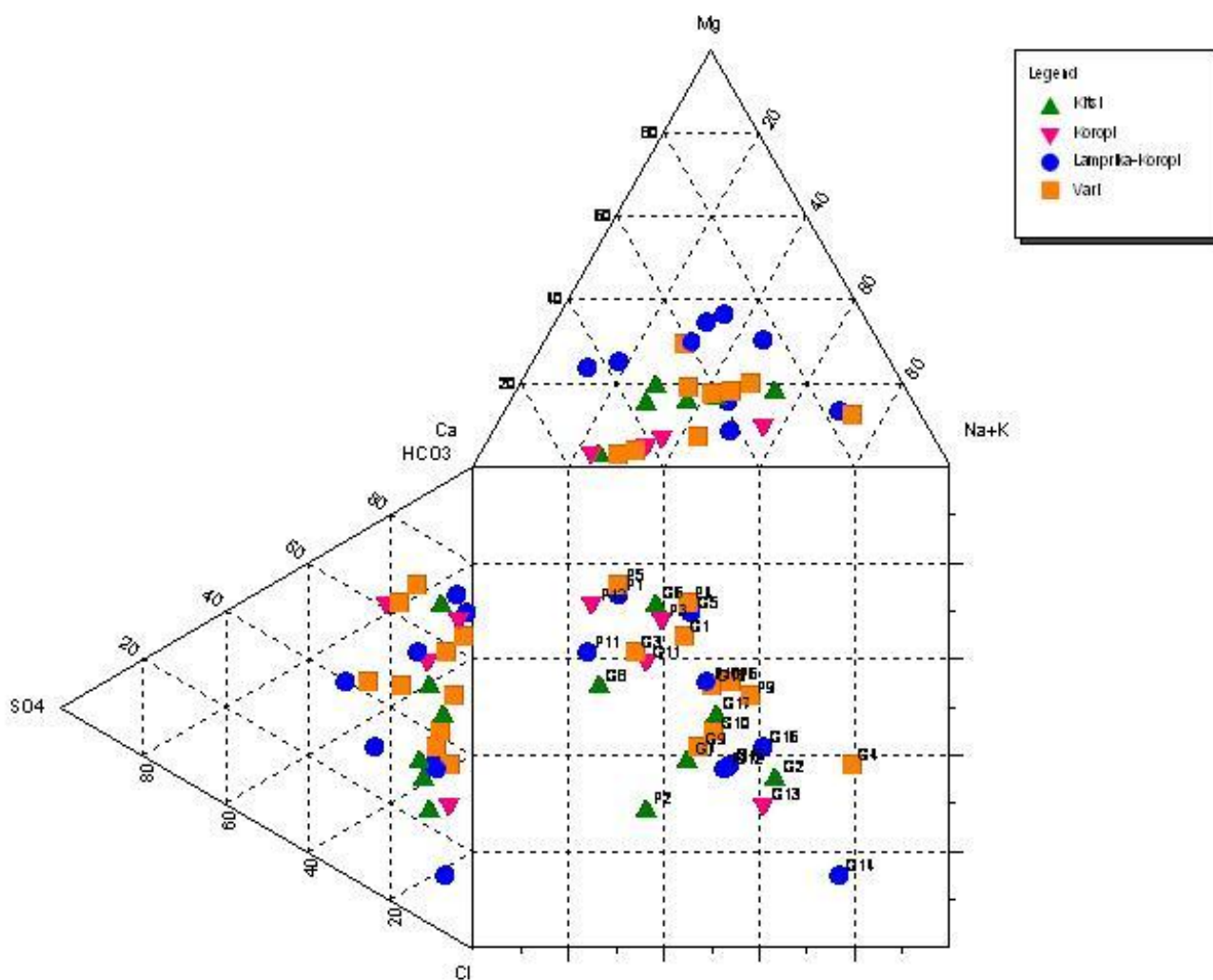
**Σχήμα 7.18:** Διάγραμμα Piper: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρικά (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Ιουλίου 2012.



**Σχήμα 7.19:** Διάγραμμα Piper: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρικά (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Νοεμβρίου 2012.

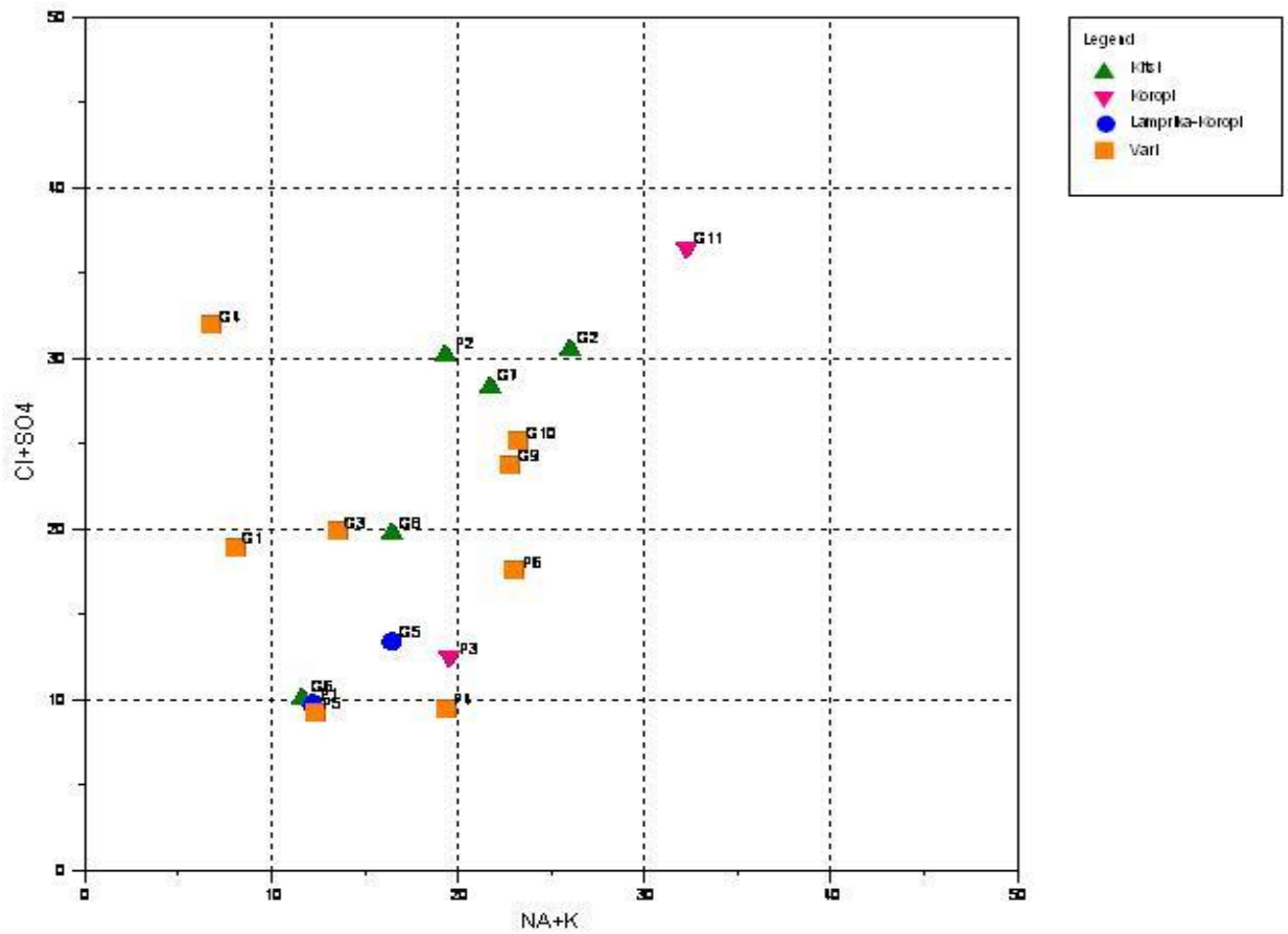


**Σχήμα 7.20:** Διάγραμμα Durov: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρικά (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Ιουλίου 2012.

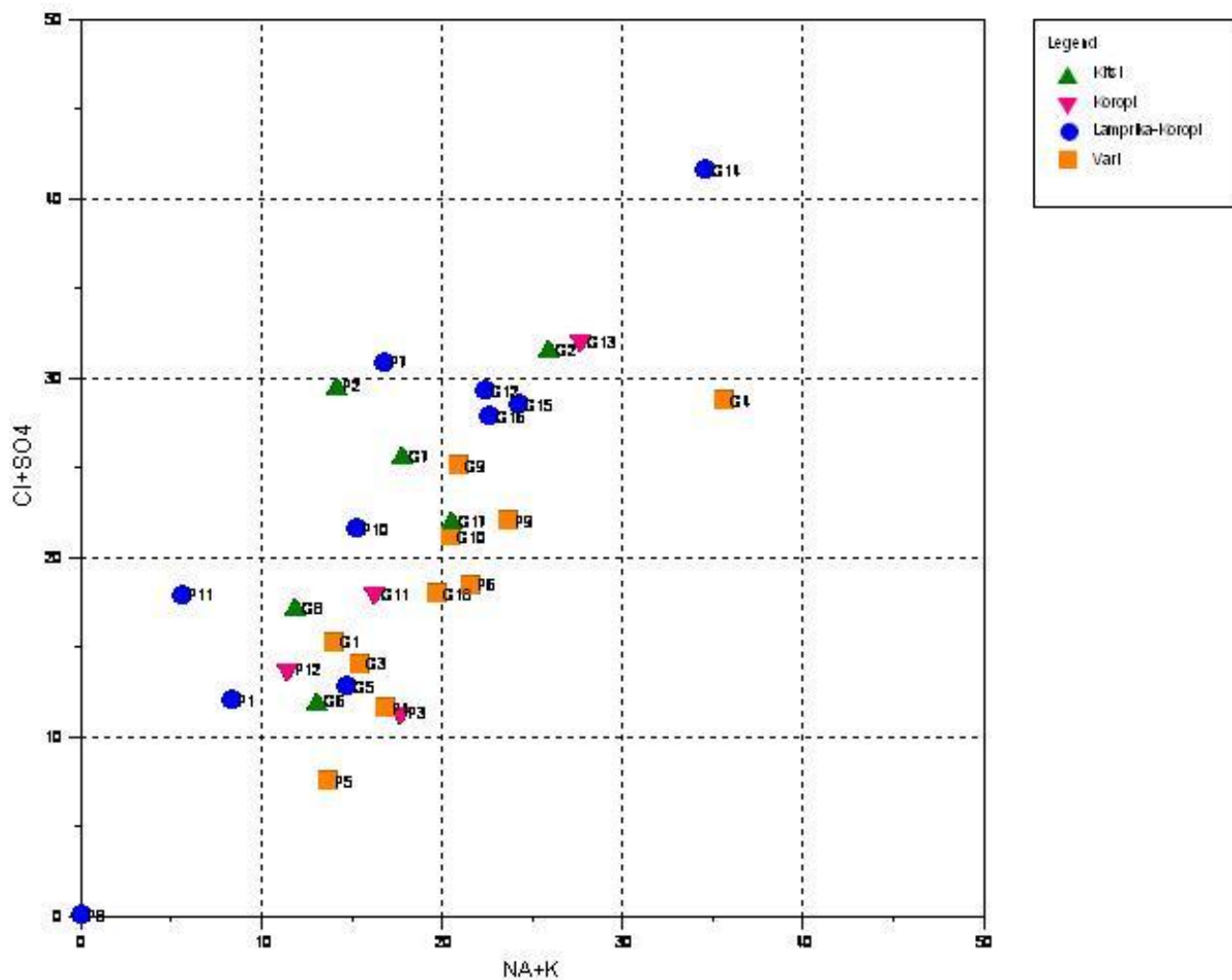


**Σχήμα 7.21:** Διάγραμμα Durov: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρική (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Νοεμβρίου 2012.

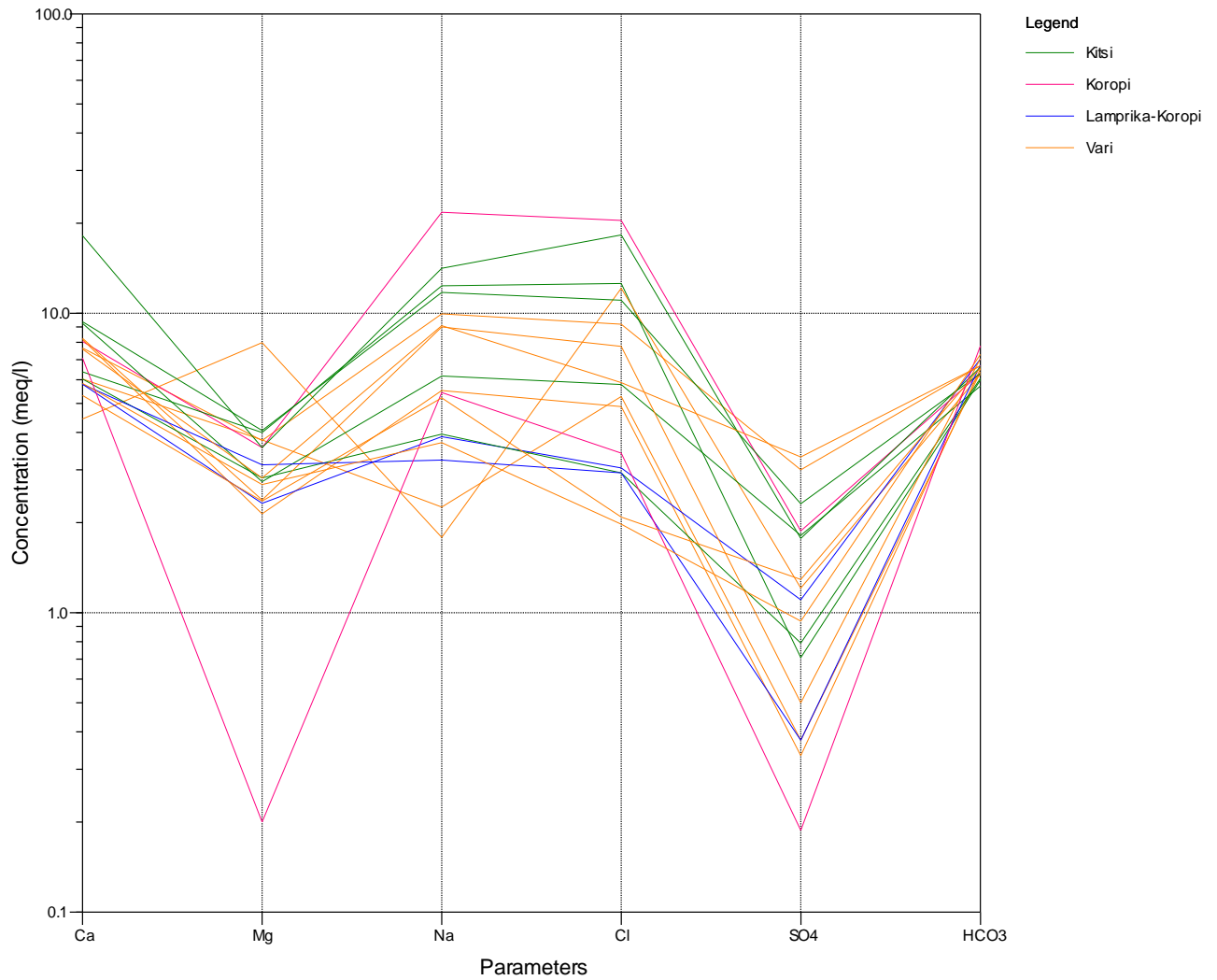




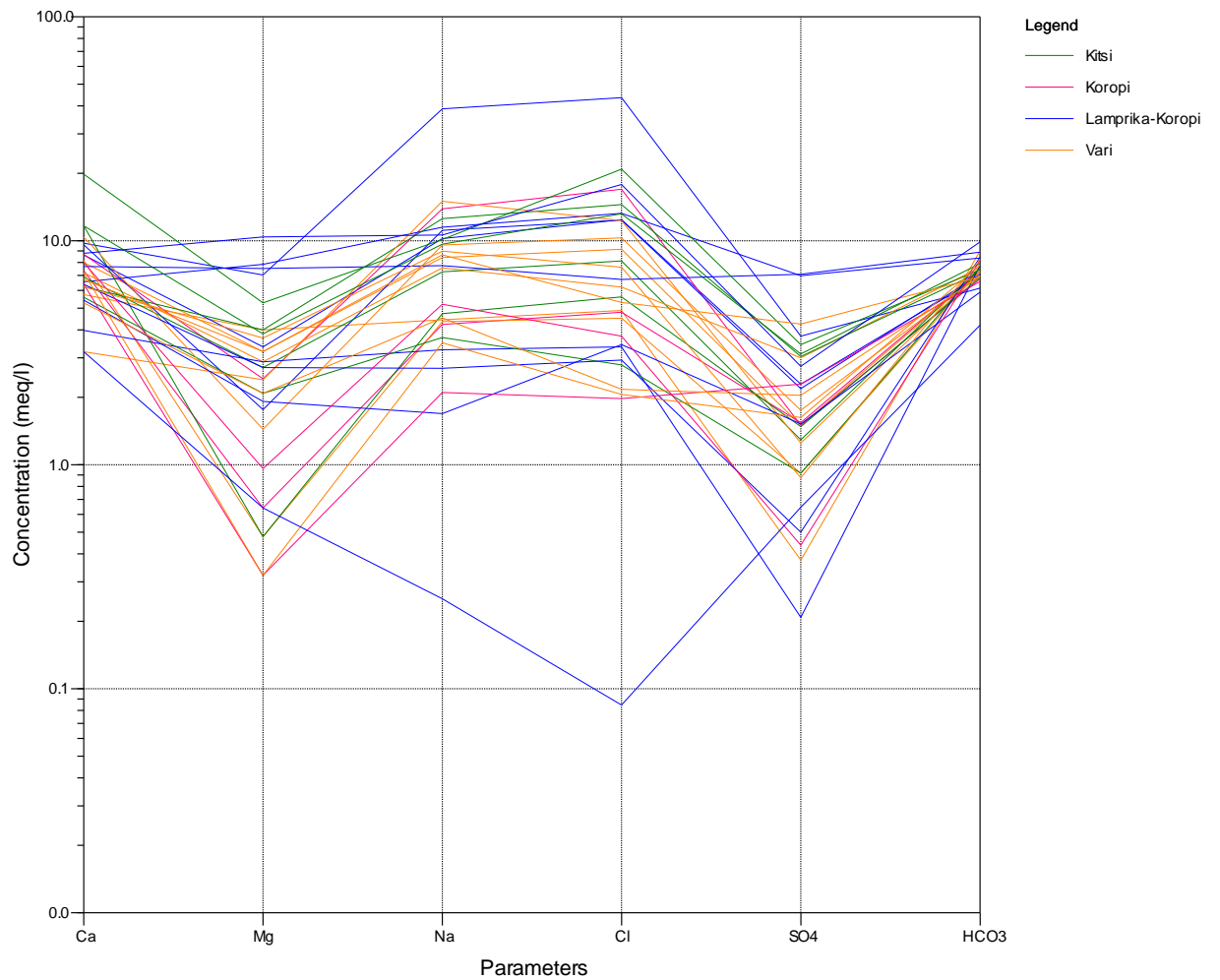
**Σχήμα 7.22:** Διάγραμμα Ludwig Langelier: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρική (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Ιουλίου 2012.



**Σχήμα 7.23:** Διάγραμμα Ludwig Langelier: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί-Λαμπρική (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Νοεμβρίου 2012.



**Σχήμα 7.24:** Διάγραμμα Schoeller: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρικά (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Ιουλίου 2012.



**Σχήμα 7.25:** Διάγραμμα Schoeller: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρικά (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Νοεμβρίου 2012.

## 7.8 Μικροβιολογικές αναλύσεις

Για την περίοδο δειγματοληψίας 6-7 Νοεμβρίου 2012, έγινε παράλληλα και μικροβιολογική εξέταση των δειγμάτων νερού. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε η ολική μικροβιολογική χλωρίδα και τα ολικά κολοβακτηρίδια.

### 7.8.1 Μεθοδολογία μικροβιολογικών αναλύσεων

#### ♦ Μικροβιολογικές αναλύσεις

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις έγιναν στα δείγματα της δεύτερης δειγματοληψίας με την μέθοδο της διήθησης. Οι αναλύσεις, που πραγματοποιήθηκαν προσδιόρισαν τα εξής:

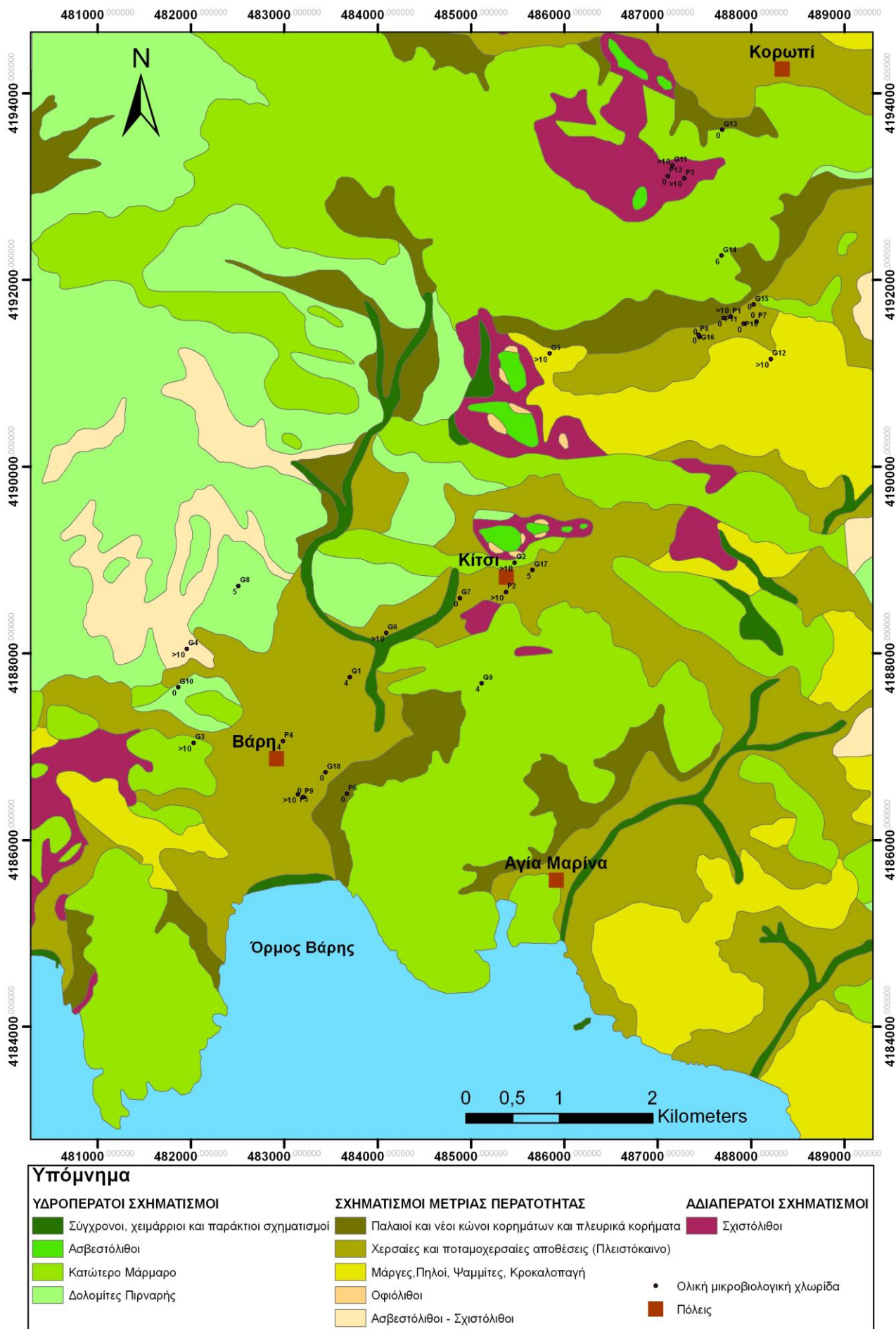
- ✓ Ολική μικροβιολογική χλωρίδα σε 1 ml δείγματος. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε υπόστρωμα M-TGE TOTAL COUNT P150 και η επώαση έγινε στους 37°C για 48 ώρες και
- ✓ Ολικά κολοβακτηρίδια, στα οποία χρησιμοποιήθηκε υπόστρωμα M-ENDO B ROTH AMP PK150 και η επώαση τους έγινε στους 44°C για 24 ώρες.

### 7.8.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

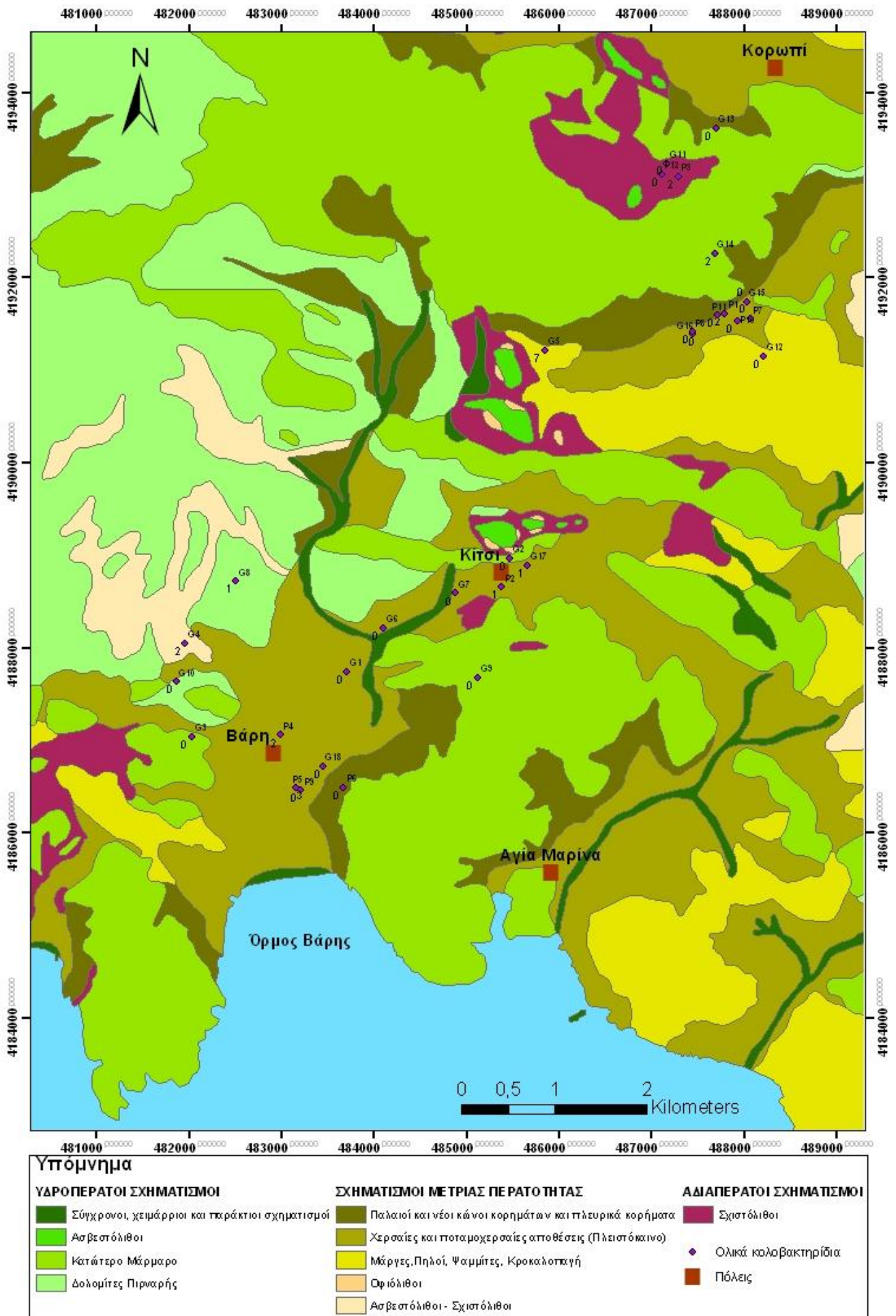
Οι χάρτες 7.11 και 7.12, απεικονίζουν την ολική μικροβιολογική χλωρίδα και τα ολικά κολοβακτηρίδια αντίστοιχα. Από τους χάρτες αυτούς προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Τα υδροληπτικά έργα, G2, G3, G4, G5, G6, G11, G12, P1, P2, P3 & P5 εμφανίζουν πάνω από 10 αποικίες μικροβιολογικής χλωρίδας. Τα G1, G9, P4 & P5 εμφανίζουν 4 αποικίες μικροβιολογικής χλωρίδας. Τα G8 & G17 εμφανίζουν 5 και το G14 6 αποικίες μικροβιολογικής χλωρίδας. Αντιθέτως, τα υπόλοιπα υδροληπτικά έργα δεν εμφανίζουν μικροβιολογική χλωρίδα, αυτό μπορεί να οφείλεται στις υψηλές ποσότητες χλωρίου που έχουν.

Τα υδροληπτικά έργα G8, G17 & P2 εμφανίζουν μία αποικία ολικών κολοβακτηριδίων. Τα G4, G14, P3 & P4 εμφανίζουν 2 αποικίες. Το P5 εμφανίζει 3 αποικίες και το G5 εμφανίζει 7 αποικίες κολοβακτηριδίων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαρροή από βόθρους ή από άλλες πηγές έκχυσης λυμάτων. Αντίθετα τα υπόλοιπα πηγάδια και γεωτρήσεις δεν εμφανίζουν αποικίες κολοβακτηριδίων.



**Χάρτης 7.11:** Χάρτης με την κατανομή της ολικής μικροβιολογικής χλωρίδας κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Χάρτης 7.12:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή των ολικών κολοβακτηριδίων κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

## 7.9 Καταλληλότητα του νερού για διάφορες χρήσεις

### 7.9.1 Κριτήρια ποσιμότητας

Για τον έλεγχο της ποσιμότητας των υπόγειων νερών, χρησιμοποιήθηκαν τα όρια που καθορίζονται από την Ελληνική νομοθεσία στο ΦΕΚ 53B 379B, σε εναρμόνιση με την οδηγία 80/778/ΕΟΚ. Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένα όρια στον παρακάτω πίνακα 7.9.

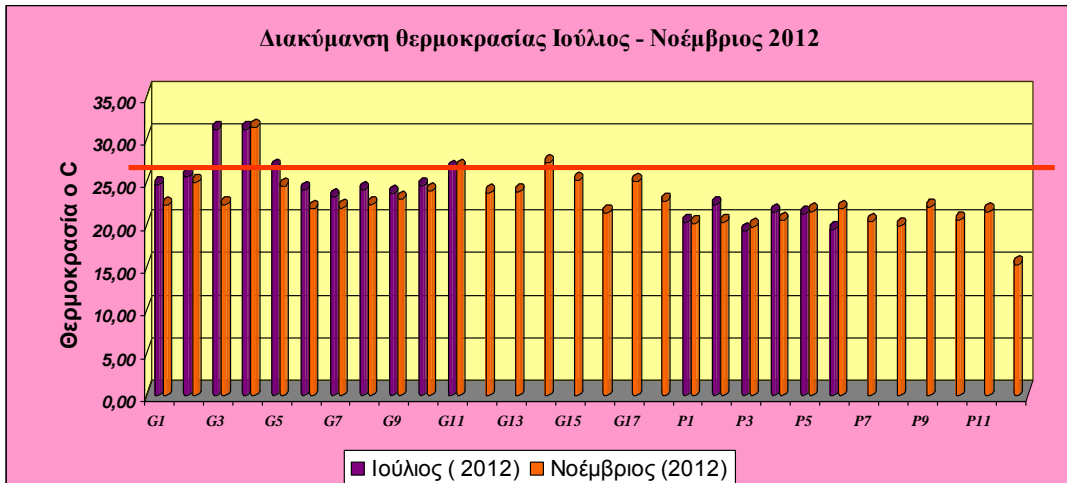
**Πίνακας 7.9:** Όρια πόσιμου νερού (ΦΕΚ 53B 379B)

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα Μέτρησης
Θερμοκρασία	12-25	° C
Ph	$6,5 \leq \text{ph} \leq 8,5$	Μονάδα ph
Αγωγιμότητα	400-2500(ανώτατη)	μS/cm
Cl	250	mg/l
NO3	25	mg/l
SO4	25-250	mg/l
Mg	30-50	mg/l
Na	20-200	mg/l
K	12	mg/l
Αριθμός αποικιών σε 22° C και 37° C	0	
Κολοβακτηριοειδή	0	Αριθμός/100 ml

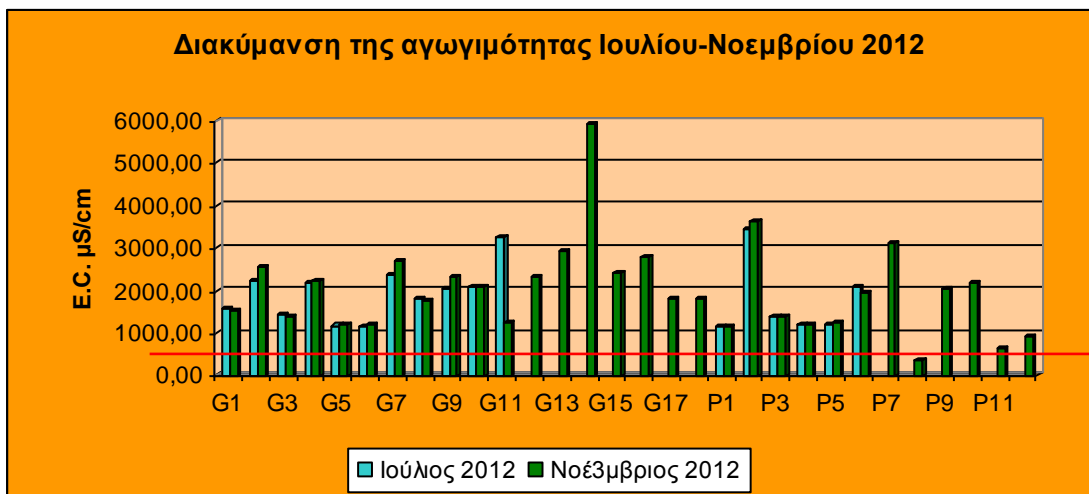
Οι τιμές συγκέντρωσης που υπερβαίνουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας παρουσιάζονται στο Παράρτημα I κεφάλαιο 2 Υδροχημικές αναλύσεις στους πίνακες 2 και 3, με κόκκινο χρώμα, για τον Ιούλιο και Νοέμβριο, αντίστοιχα.

Ακολουθώς, παρουσιάζονται διαγράμματα (σχήματα 7.26-7.34), με τα όρια ποσιμότητας των στοιχείων του πίνακα 7.6, όσον αφορά την περιοχή της μελέτης.

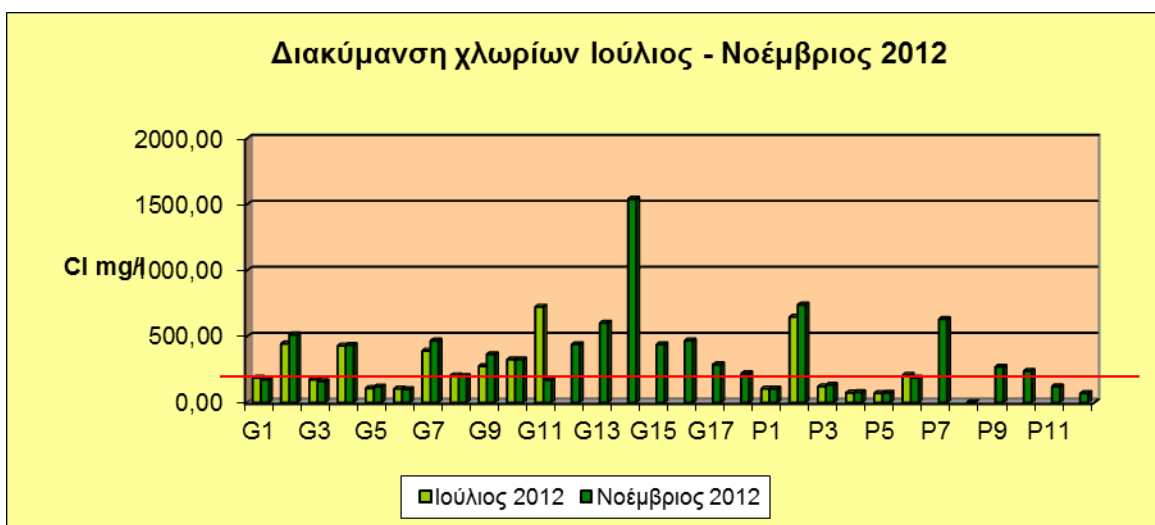




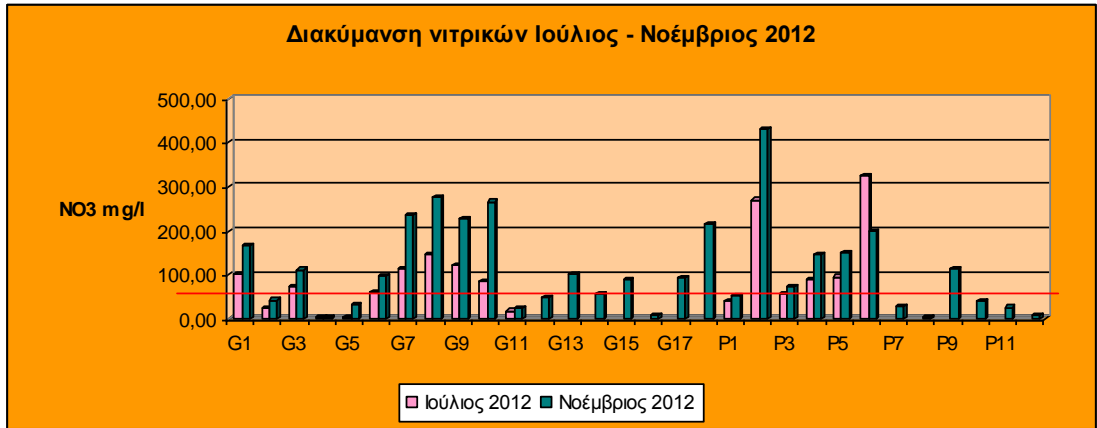
**Σχήμα 7.26:** Ενδεικτικό όριο θερμοκρασίας (κόκκινη γραμμή) μέχρι 25°C.



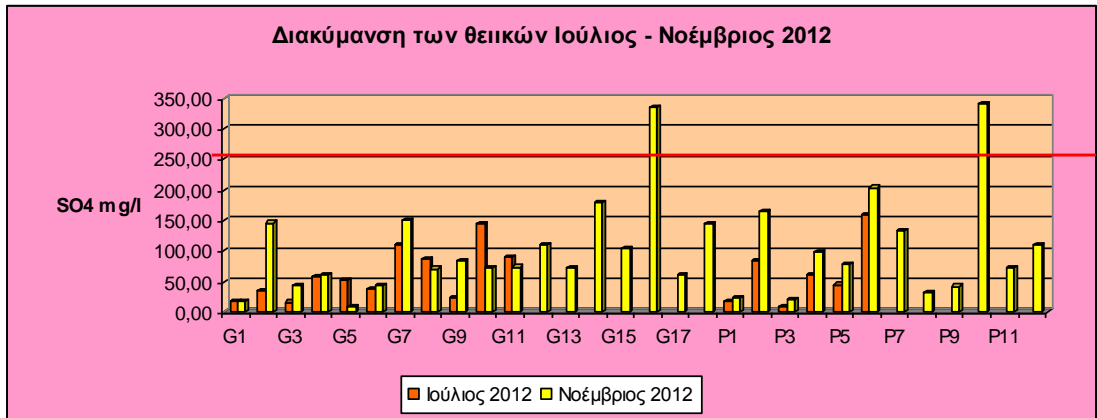
**Σχήμα 7.27:** Ενδεικτικό όριο αγωγιμότητας (κόκκινη γραμμή) μέχρι 400 µS/cm.



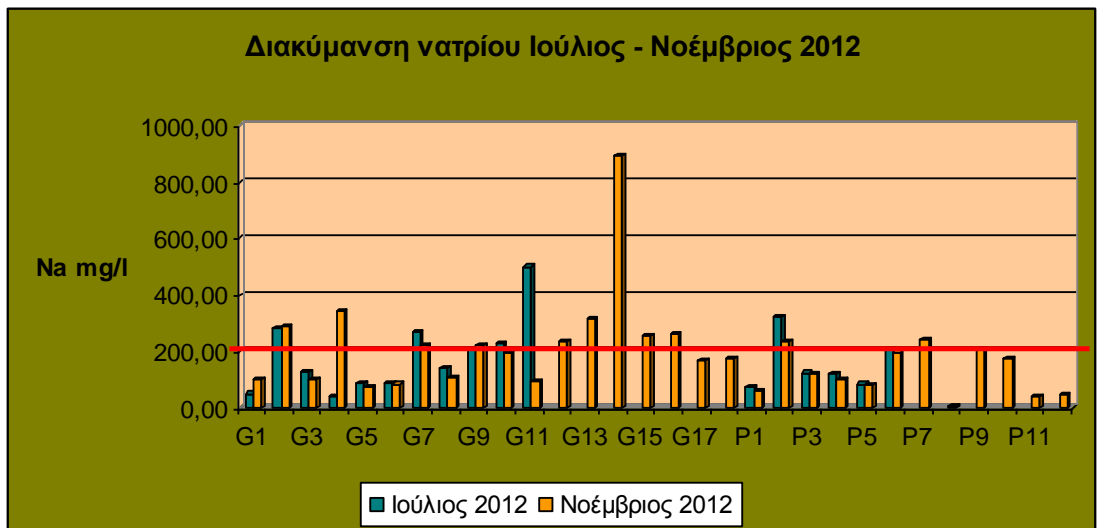
**Σχήμα 7.28:** Ενδεικτικό όριο χλωρίων (κόκκινη γραμμή) μέχρι 250 mg/l.



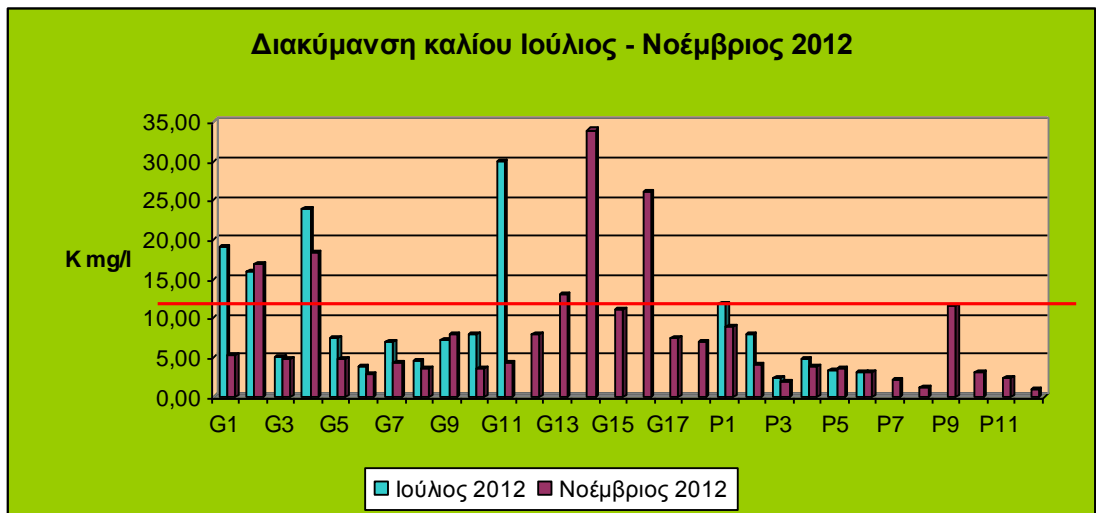
**Σχήμα 7.29:** Ενδεικτικό όριο νιτρικών (κόκκινη γραμμή) μέχρι 25-50 mg/l.



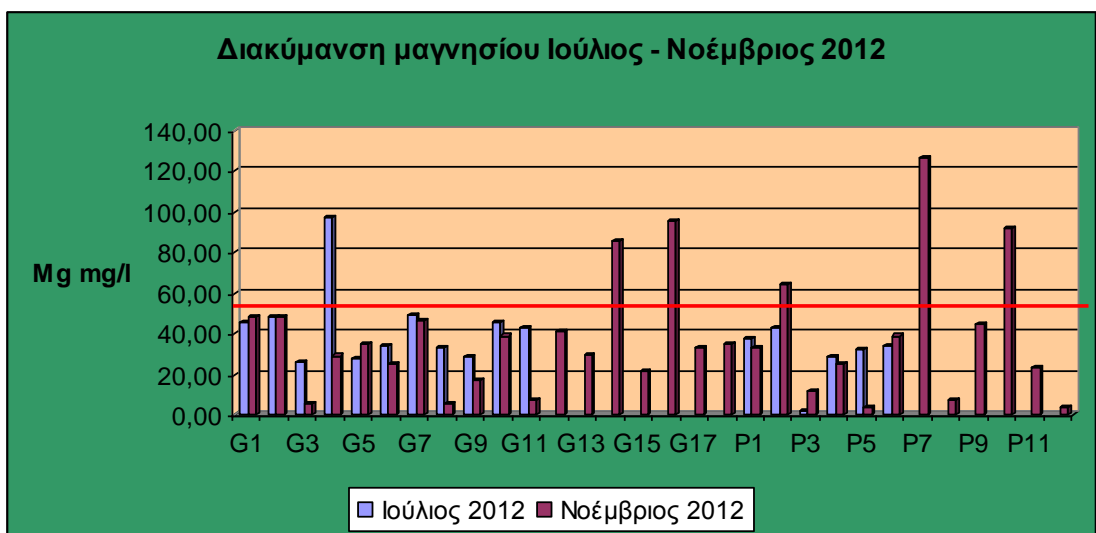
**Σχήμα 7.30:** Ενδεικτικό όριο θεικών (κόκκινη γραμμή) μέχρι 25-250 mg/l.



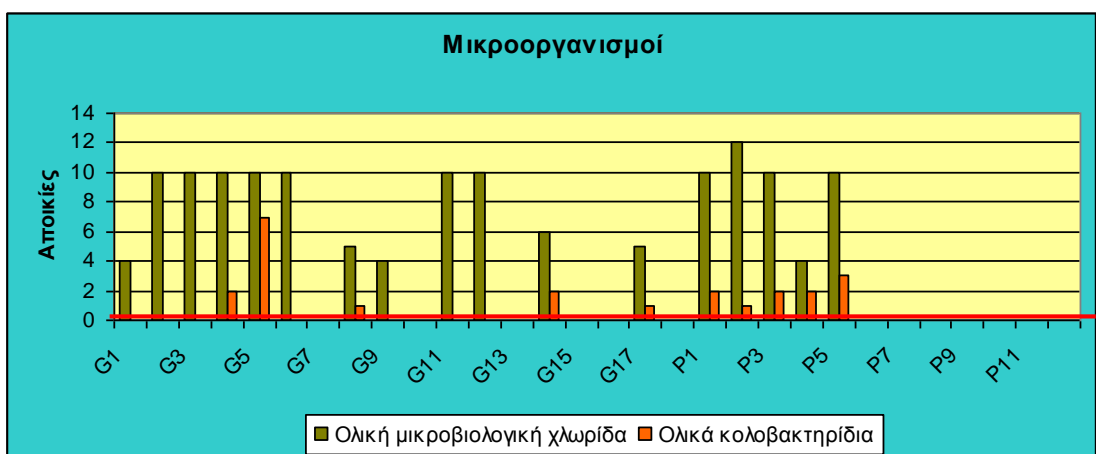
**Σχήμα 7.31:** Ενδεικτικό όριο νατρίων (κόκκινη γραμμή) μέχρι 20-200 mg/l.



**Σχήμα 7.32:** Ενδεικτικό όριο καλίων (κόκκινη γραμμή) μέχρι 12 mg/l.



**Σχήμα 7.33:** Ενδεικτικό όριο μαγνησίων (κόκκινη γραμμή) μέχρι 30-50 mg/l.



**Σχήμα 7.34:** Όριο κολοβακτηριοειδών & ολικής μικροβιολογικής χλωρίδας (κόκκινη γραμμή) μηδέν.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε τα εξής:

Παρατηρούμε, ότι υψηλές θερμοκρασίες μετρήθηκαν στα υδροληπτικά έργα G2 (1<sup>η</sup> περίοδο), G3, G4, G11, G14.

Όλα τα δείγματα και τις δύο περιόδους δειγματοληψίας έχουν τιμή αγωγιμότητας μεγαλύτερη από 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Εξαίρεση αποτελεί το πηγάδι P8, που έχει αγωγιμότητα 364  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Τα περισσότερα δείγματα και στις περιόδους Ιουλίου – Νοεμβρίου έχουν πάνω από 250 mg/l, χλωρίου, εξαίρεση αποτελεί το πηγάδι P8 με 3 mg/l (του Νοεμβρίου).

Όσον αφορά τα θειικά παρατηρούμε, ότι τα δείγματα δεν υπερβαίνουν τα 250 mg/l για τη πρώτη περίοδο, το ίδιο ισχύει και για τη περίοδο του Νοεμβρίου με εξαίρεση τα G16 με 335 mg/l, & P10 με 340 mg/l.

Στα μαγνήσια παρατηρούμε, ότι τα δείγματα G4 με 97 mg/l (1η περίοδος), και P12 με 64,2 mg/l (2η περίοδος) υπερβαίνουν τα 50 mg/l, που είναι και η ανώτατη τιμή τους.

Τα δείγματα, με συγκέντρωση Na μεγαλύτερη από 200 mg/l είναι:

- από την περίοδο του Ιουλίου τα: G2 με 284 mg/l, G4 με 417 mg/l, G7 με 270 mg/l, G9 με 207 mg/l, G10 με 229 mg/l, G11 με 500 mg/l, P2 με 325 mg/l και P6 με 209 mg/l,
- από την περίοδο του Νοεμβρίου έχουμε τα: G2 με 288,6 mg/l, G4 με 345 mg/l, G7 με 222 mg/l, G9 με 220 mg/l, G12 με 235 mg/l, G13 με 319 mg/l, G14 με 892 mg/l, G15 με 256 mg/l, G16 με 264 mg/l, P2 με 233 mg/l, P7 με 244 mg/l & P9 με 206,5 mg/l.

Η συγκέντρωση των καλίων διατηρείται σε σχετικά ικανοποιητικά επίπεδα. Από την πρώτη δειγματοληψία, τα δείγματα που ξεπερνούν το όριο ποσιμότητάς τους είναι τα: G1 με 19 mg/l, G2 με 16 mg/l, G4 με 24 mg/l & G11 με 30 mg/l. Ενώ για την δεύτερη περίοδο, έχουμε τα: G2 με 17 mg/l, G4 με 18,36 mg/l, G13 με 13 mg/l, G14 με 34 mg/l & G16 με 26 mg/l.

Τέλος, στα νιτρικά η συντριπτική πλειοψηφία των δειγμάτων και στις δύο περιόδους έτσι όπως φαίνεται στο σχήμα 7.29, ξεπερνούν το όριο ποσιμότητάς τους.

Επιπλέον όσον αφορά την μικροβιολογική εξέταση των δειγμάτων νερού, που έγινε κατά την περίοδο του Νοεμβρίου, διαπιστώνουμε κολοβακτηροειδή στα P1, P2, P3, P4, P5, G4, G5, G7, G14 & G17. Ενώ μια ποικιλία από βακτήρια συναντάμε σχεδόν σε όλα τα δείγματα έτσι όπως φαίνεται στο σχήμα 7.34.

Συνοψίζοντας, τα υπόγεια νερά στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Βάρης, με βάση την θέση των δειματοληψιών και των χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων (μόνο την περίοδο του Νοεμβρίου), που έγιναν την περίοδο του Ιουλίου 2012 και του Νοεμβρίου 2012 κρίνονται ακατάλληλα για πόση.

Επίσης είναι σημαντικό να αναφέρουμε, ότι υπάρχει ένα σύνολο επιπρόσθετων χημικών (π.χ. βαρέα μέταλλα) και μικροβιολογικών (προσδιορισμός οργανισμών) αναλύσεων, για να χαρακτηρίσουμε αν το νερό είναι κατάλληλο για πόση. Στην παρούσα εργασία δεν ήταν δυνατόν να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, καθώς δεν ήταν διαθέσιμο το κατάλληλο εργαστηριακό υλικό και εξάλλου είχε διαπιστωθεί η καταλληλότητα των νερών για πόση.

## 7.9.2 Καταλληλότητα για αρδευτική χρήση

Για τον έλεγχο της καταλληλότητας του υπογείου νερού για άρδευση χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής απορρόφησης νατρίου (S.A.R.). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, που απεικονίζονται στο παρακάτω πίνακα 7.10, για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας, φαίνεται ότι ο S.A.R στην πλειοψηφία των δειγμάτων διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα με τιμές μικρότερες του 10, εκτός από ένα δείγμα το G14 που έχει 13,4 συντελεστή S.A.R. την περίοδο του Νοέμβρη. Η τιμή του S.A.R σε συνδυασμό με την αγωγιμότητα δίνει το διάγραμμα αρδευτικής καταλληλότητας, το οποίο δίνεται ακολούθως και για τις δύο δειγματοληψίες.

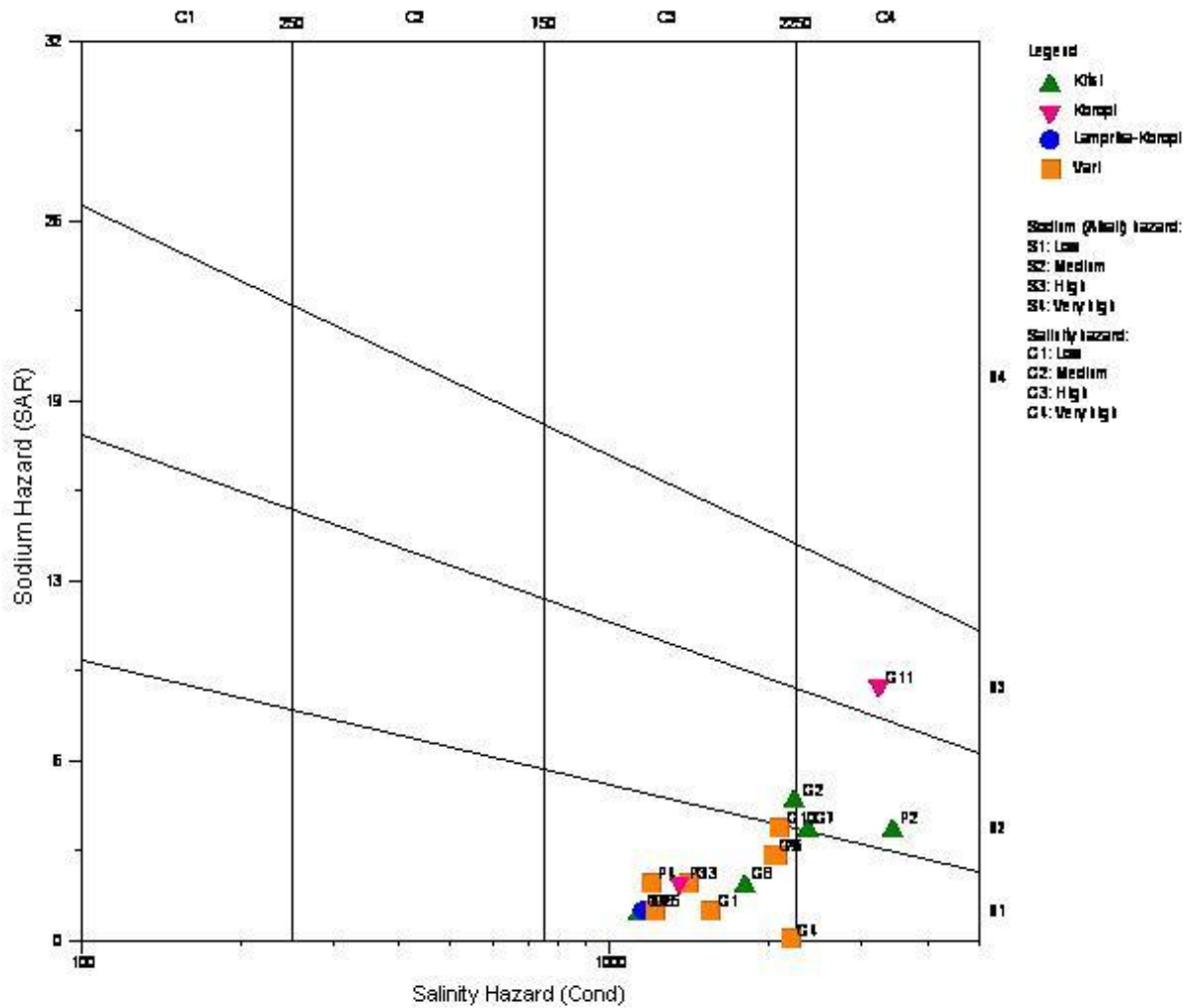
**Πίνακας 7.10:** Τιμές του δείκτη S.A.R (Ιούλιος 2012 – Νοέμβριος 2012).

	Κωδικός	SAR (meq/l)	
		Ιούλιος 2012	Νοέμβριος 2012
	G1	1,0	2,00
	G2	5,4	5,55
	G3	2,4	2,09
	G4	0,7	8,97
	G5	1,9	1,76
Γεωτρήσεις	G6	1,9	1,89
	G7	4,5	3,47
	G8	2,5	1,92
	G9	3,9	3,93
	G10	4,2	3,56
	G11		2,10
	G12		4,17
	G13		5,89
	G14		13,40
	G15		4,70
	G16		4,28
	G17		3,32
	G18		3,37
	P1	9,0	1,26
	P2	1,5	2,86
	P3	4,3	2,46
	P4	2,8	2,36
Πηγάδια	P5	2,7	1,81
	P6	1,8	3,90
	P7	4,0	3,43
	P8		0,18
	P9		4,03
	P10		2,81
	P11		0,88
	P12		1,15
Στατιστικά στοιχεία	Μέση τιμή	3,21	3,45
	Ελάχιστη	0,72	0,18
	Μέγιστη	9,03	13,40
	Τοπική απόκλιση	2,01	2,56
	Διασπορά	0,62	0,74

**Διάγραμμα Wilcox (διάγραμμα αρδευτικής καταλληλότητας SAR):** Τα διαγράμματα αρδευτικής καταλληλότητας S.A.R. (= Sodium Absorption Ratio) ή Wilcox, χρησιμοποιούνται για την διαπίστωση κατά πόσο τα εξεταζόμενα δείγματα νερού εξυπηρετούν τις ανάγκες των καλλιεργειών. Θεωρητικά στοιχεία, για τον συντελεστή S.A.R δίνονται στο κεφάλαιο 6 της παρούσας εργασίας.

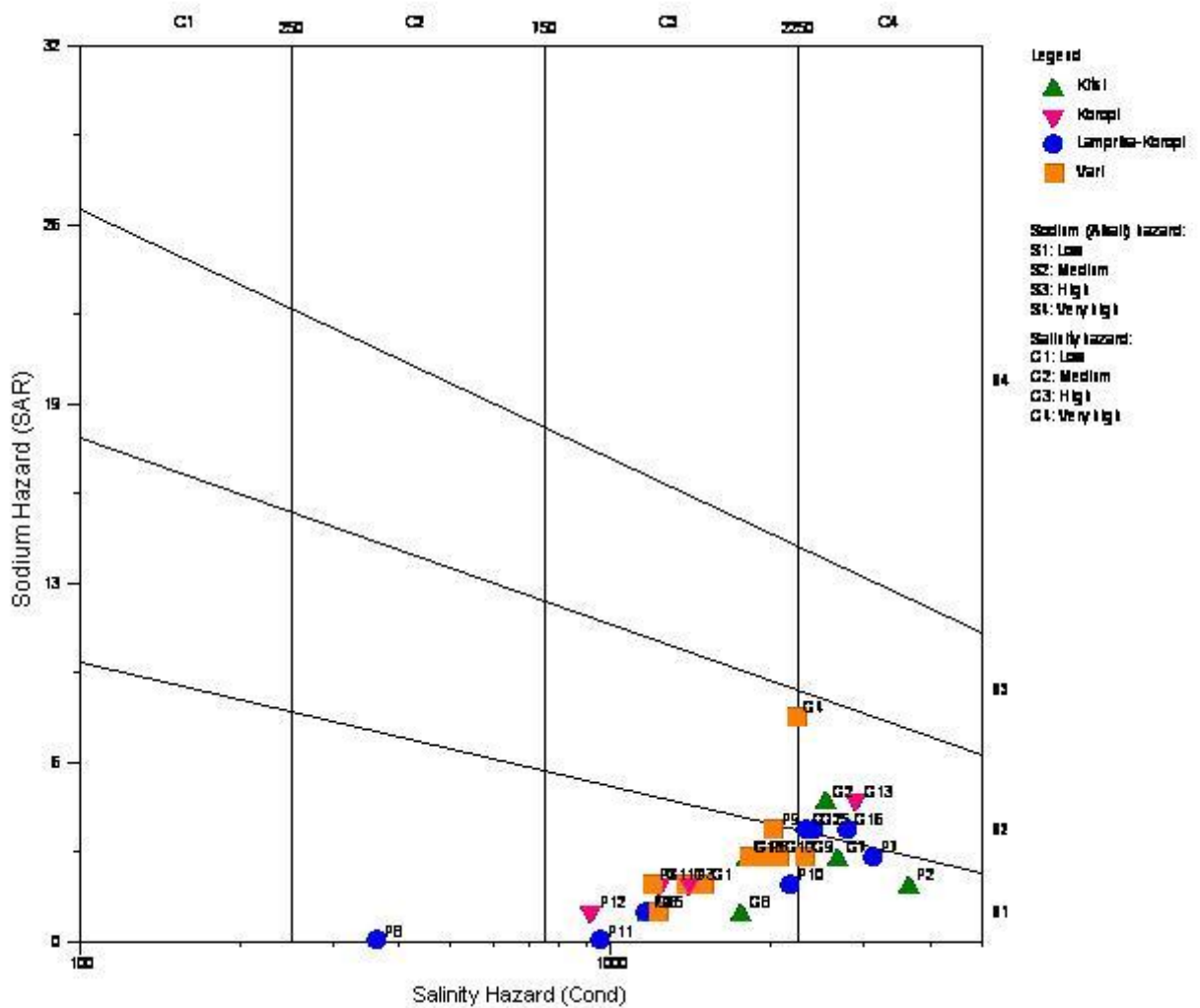
Παρακάτω, δίνεται ένα συνολικό διάγραμμα των περιοχών της υπό μελέτη λεκάνη (σχήματα 7.35 & 7.36, Ιουλίου-Νοεμβρίου). Όπως παρατηρούμε, η συντριπτική πλειοψηφία των δειγμάτων από την περιοχή της Βάρης (πορτοκαλί σύμβολο), προβάλλεται στην κατηγορία C3 – S1 και στις δύο περιόδους δειγματοληψίας, που σημαίνει ότι τα νερά αυτά ενέχουν μικρό κίνδυνο αλκαλίωσης και υψηλό κίνδυνο αλατότητας. Επομένως, η χρήση τους θα πρέπει να γίνεται με προφύλαξη, δηλαδή να μην χρησιμοποιούνται για ευαίσθητα φυτά και εδάφη με περιορισμένες δυνατότητες στράγγισης. Όμως, εξαίρεση αποτελεί ένα δείγμα κατά την δεύτερη περίοδο, που ανήκει σε δύο κατηγορίες C3-S2 & C3-S3 (όπου η ποιότητα του νερού αντιστοιχεί από μέτρια έως κακή). Η ίδια εικόνα παρατηρείται και στην περιοχή του Κορωπίου (ροζ σύμβολο) και Κορωπί-Λαμπρικά (μπλε σύμβολο) σε όλα τα δείγματα (εκτός από ένα) τα οποία ανήκουν στην κατηγορία C3 – S1 (όσον αφορά την περίοδο του Ιουλίου). Επομένως πρόκειται, για νερά μέτριας ποιότητας, που πρέπει να χρησιμοποιούνται με προφύλαξη. Το δείγμα νερού, που αποκλίνει προβάλλεται στην κατηγορία C4 – S3, που σημαίνει πολύ κακή ποιότητα. Στην δεύτερη περίοδο δειγματοληψία παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες νερού, η C3-S1 και η C4-S2 (κακή ποιότητα νερού).

Όσον αφορά την περιοχή Κίτσι (πράσινο σύμβολο), για την περίοδο του Ιουλίου έχουμε τρεις κατηγορίες, την C3 – S1, C4-S2 και C3 – S2. Ενώ για την περίοδο του Νοέμβρη, έχουμε την C3 – S1, C4-S2 και C4– S1. Η κατηγορία C3 – S1 αναφέρεται σε μέτρια έως πολύ μέτρια ποιότητα νερού, η C3 – S2 αναφέρεται σε ποιότητα πολύ μέτρια έως κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά, ούτε γενικά για βαριά εδάφη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μέτρα προφύλαξης σε ελαφρά εδάφη, που αποστραγγίζονται καλά ή να προστίθεται γύψος. Η C4 – S2 αναφέρεται σε κακή ποιότητα νερού και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται παρά μόνο για ανθεκτικά φυτά σε ελαφρά εδάφη καθώς αποτραγγίζόμενα με προσθήκη γύψου. Τέλος, η κατηγορία C4– S1, αντιστοιχεί σε ποιότητα μέτρια έως πολύ κακή.



**Σχήμα 7.35:** Διάγραμμα Wilcox: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρική (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Ιουλίου 2012.





**Σχήμα 7.36:** Διάγραμμα Wilcox: Βάρη (πορτοκάλι σύμβολο), Κορωπί (ροζ σύμβολο), Κορωπί - Λαμπρική (μπλε σύμβολο, δείγματα), Κίτσι (πράσινο σύμβολο) κατά την περίοδο Νοεμβρίου 2012.

Το ρυθμιστικό πλαίσιο της ΕΕ για τα υπόγεια ύδατα ξεκίνησε στο τέλος της δεκαετίας του 1970 με την υιοθέτηση της Οδηγίας περί προστασίας των υπογείων υδάτων από τη ρύπανση που προέρχεται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες (Οδηγία 80/68/ΕΟΚ, ΕΕ L 20 της 26.01.1980). Η Οδηγία αυτή παρέχει ένα πλαίσιο προστασίας των υπογείων υδάτων, που επιδιώκει την πρόληψη της (άμεσης ή έμμεσης) απόρριψης ουσιών υψηλής προτεραιότητας και τον περιορισμό της απόρριψης άλλων ουσιών στα υπόγεια ύδατα, ώστε να αποφευχθεί η ρύπανσή τους από τις συγκεκριμένες ουσίες. Σύμφωνα με τις διατάξεις της Οδηγίας Πλαισίου για τα Ύδατα, η Οδηγία αυτή θα καταργηθεί μέχρι το 2013. Μέχρι την ημερομηνία αυτή, θα παραμείνει ένα από τα πιο αποτελεσματικά νομοθετήματα της ΕΕ για την πρόληψη ή τον περιορισμό της ρύπανσης. Η συνέχιση του προστατευτικού της καθεστώτος θα διασφαλισθεί από τη νέα Οδηγία για τα Υπόγεια Ύδατα (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή))

Το 1982, η Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, Προστασίας Καταναλωτών και Πυρηνικής Ασφάλειας της Ευρωπαϊκής Κοινότητας πραγματοποίησε μια σημαντική αξιολόγηση των υπόγειων υδατικών πόρων στα Κράτη Μέλη (εννέα ΚΜ εκείνη την περίοδο). Περιλάμβανε μια γενική έρευνα (Groundwater Resources of the European Community: synthetical report) και μεμονωμένες εκθέσεις από κάθε Κράτος Μέλος. Η αξιολόγηση αυτή αφορούσε κυρίως στην ποσότητα των υπόγειων υδάτων. Έπειτα από τη δημοσίευσή της, το ενδιαφέρον στην Ευρώπη (και στις Ηνωμένες Πολιτείες) στράφηκε περισσότερο στην ποιότητα και όχι μόνο βελτιώθηκαν, σε μεγάλο βαθμό, τα προγράμματα παρακολούθησης της ποιότητας των υπόγειων υδάτων, αλλά τέθηκαν σε ισχύ και πολλά σχέδια προστασίας τους. (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή))

Στη δήλωση του Υπουργικού Σεμιναρίου για τα υπόγεια ύδατα, το οποίο διοργανώθηκε στη Χάγη το 1991, αναγνωρίστηκε η ανάγκη ανάπτυξης δράσης προς αποφυγή μακροπρόθεσμης επιδείνωσης της ποιότητας και της ποσότητας των γλυκών υδάτων. Έγινε έκκληση για ένα πρόγραμμα δράσεων, υλοποιήσεων μέχρι το έτος 2000, με στόχο την προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης και προστασίας των πόρων γλυκών υδάτων. Το Συμβούλιο, με τα ψηφίσματά του, το 1992 και το 1995, ζήτησε την εφαρμογή ενός προγράμματος δράσης και την αναθεώρηση της οδηγίας 80/68/ΕΟΚ “περί προστασίας των

υπογείων υδάτων από τη ρύπανση που προέρχεται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες”.

Ακολούθησε πρόταση της Επιτροπής για ένα πρόγραμμα δράσης για την ολοκληρωμένη προστασία και τη διαχείριση των υπόγειων υδάτων, η οποία εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο στις 25 Νοεμβρίου 1996. Η πρόταση επισήμανε την ανάγκη καθιέρωσης διαδικασιών για τη ρύθμιση της άντλησης και για την παρακολούθηση της ποιότητας και της ποσότητας των γλυκών νερών (com 1996/035) (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή))

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο ζήτησαν στη συνέχεια από την Επιτροπή να αναπτύξει ένα πλαίσιο για μια Ευρωπαϊκή πολιτική στον τομέα των υδάτων. Το αίτημα αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και υιοθέτηση της Οδηγίας Πλαισίου για τα Ύδατα (ΟΠΥ) (Water Framework Directive – WFD).

Εκτός από την προστασία τους ως φυσικός πόρος με πολλαπλές χρήσεις, η ΟΠΥ τονίζει, για πρώτη φορά, ότι τα υπόγεια ύδατα πρέπει να προστατευθούν για την περιβαλλοντική αξία τους. Στο πλαίσιο αυτό, η ΟΠΥ έθεσε ένα καινοτόμο νομοθετικό πλαίσιο, με την καθιέρωση φιλόδοξων περιβαλλοντικών στόχων για όλα τα ύδατα - επιφανειακά, παράκτια, μεταβατικά, και υπόγεια - που πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το τέλος του 2015. Το σύγχρονο αυτό νομοθέτημα της ΕΕ καθιερώνει σαφείς και συγκεκριμένους στόχους, αλλά επιτρέπει την ευελιξία των Κρατών Μελών στον τρόπο με τον οποίο αυτοί επιτυγχάνονται. Βασίζεται σε κρίσιμες και καινοτόμες προσεγγίσεις, όπως η αξιολόγηση του κινδύνου από τις ανθρωπογενείς πιέσεις και τις επιπτώσεις τους, η διαμόρφωση προγραμμάτων παρακολούθησης, η κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (τα πρώτα Σχέδια δημοσιεύθηκαν το 2009) και ο σχεδιασμός και εφαρμογή Προγραμμάτων Μέτρων.

Τα υπόγεια ύδατα είναι μια από τις βασικές συνιστώσες της ΟΠΥ, με στόχους που αφορούν στην ποσοτική και χημική τους κατάσταση. Οι στόχοι για τα επιφανειακά ύδατα αφορούν στην οικολογική και χημική κατάσταση. Οι ποσοτικοί στόχοι είναι σαφείς στην ΟΠΥ. Ο στόχος είναι να εξασφαλισθεί ισορροπία μεταξύ της άντλησης και της επαναφόρτισης των υπόγειων υδάτων, αλλά τα κριτήρια χημικής κατάστασης είναι πιο σύνθετα και δεν επιλύθηκαν πλήρως την περίοδο που υιοθετήθηκε η ΟΠΥ.

Κατά συνέπεια, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο ζήτησαν από την Επιτροπή να αναπτύξει μια πρόταση για μια “θυγατρική” Οδηγία, η οποία θα διευκρινίζει τα κριτήρια καλής χημικής κατάστασης και τις προδιαγραφές σχετικά με τον προσδιορισμό και την αναστροφή των τάσεων ρύπανσης. Αυτή η νέα Οδηγία για τα Υπόγεια Ύδατα (Groundwater Directive – GWD) εκδόθηκε τον Δεκέμβριο του 2006.

Όσον αφορά στα υπόγεια ύδατα, η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (ΟΠΥ) καθορίζει μια σειρά διαφορετικών, ενδιάμεσων σταδίων που πρέπει να υλοποιηθούν, με στόχο την επίτευξη της καλής (ποσοτικής και χημικής) κατάστασης μέχρι το έτος 2015. Σύμφωνα με τις διατάξεις της ΟΠΥ, τα Κράτη Μέλη οφείλουν: (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή))

1. Να καθορίσουν και να χαρακτηρίσουν τα συστήματα υπόγειων υδάτων (μονάδες διαχείρισης) σε κάθε περιοχή λεκανών απορροής ποταμών. Ο χαρακτηρισμός αφορά στην κατανόηση των συστημάτων, και ιδιαίτερα σχετικά με τις κινητήριες δυνάμεις (Driving forces - D), τις πιέσεις (Pressures - P), την κατάσταση (State - S), τις επιπτώσεις (Impacts - I) και τις αποκρίσεις (Responses - R) και αποτελεί την βάση για την κατάρτιση των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών. Τα Κράτη Μέλη έπρεπε να πραγματοποιήσουν την ανάλυση αυτή μεταξύ 2004 και 2005 και να υποβάλουν τα αποτελέσματα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Μια συγκριτική έκθεση, η οποία παρουσιάζει τις σχετικές πληροφορίες που έχουν υποβληθεί από τα Κράτη Μέλη, συντάχθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και δημοσιεύθηκε τον Μάρτιο του 2007 (Ανακοίνωση της Επιτροπής Στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο - Προς την αειφόρο διαχείριση του νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση – Πρώτο στάδιο της εφαρμογής της Οδηγίας Πλαίσιο για το Νερό 2000/60/ΕΚ).

2. Να δημιουργήσουν τα μητρώα των προστατευόμενων ζωνών, σε κάθε περιοχή λεκανών απορροής ποταμών, για τα υπόγεια ύδατα που χρήζουν ειδική προστασία και για τη διατήρηση των οικοτόπων και των ειδών που εξαρτώνται άμεσα από το νερό. Τα μητρώα πρέπει να περιλαμβάνουν όλα τα υδατικά συστήματα που προορίζονται για την άντληση ύδατος για ανθρώπινη κατανάλωση και όλες τις προστατευόμενες ζώνες που καλύπτονται από τις ακόλουθες Οδηγίες: την Οδηγία για τα Ύδατα Κολύμβησης(Οδηγία 76/160/ΕΟΚ, ΕΕ L 31 της 5.02.1976), τις ευπρόσβλητες ζώνες στο πλαίσιο της Οδηγίας για τη Νιτρορύπανση (Οδηγία 91/676/ΕΟΚ, ΕΕ L 375 της 31.12.1991) , τις ευαίσθητες περιοχές στο πλαίσιο της

Οδηγίας για την επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, ΕΕ L 135 της 30.05.1991) και τις περιοχές που προορίζονται για την προστασία οικότοπων ή ειδών, συμπεριλαμβανομένων των σχετικών τόπων “Φύση 2000 (Natura 2000)” που καθορίζονται από τις Οδηγίες για τους Φυσικούς Οικότοπους (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ, ΕΕ L 206 της 22.07.1992) και τα πτηνά, Τα μητρώα ενημερώνονται στο πλαίσιο της αναθεώρησης των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (Οδηγία 79/409/ΕΟΚ, ΕΕ L 103 της 25.04.1979) (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2008)).

3. Να διαμορφώσουν δίκτυα παρακολούθησης των υπόγειων υδάτων, βάσει των αποτελεσμάτων από τον χαρακτηρισμό και την αξιολόγηση του κινδύνου, ώστε να παρέχουν μια αξιόπιστη εκτίμηση της χημικής και ποσοτικής κατάστασης των υπόγειων υδάτων. Τα προγράμματα παρακολούθησης έπρεπε να έχουν σχεδιασθεί και να είναι λειτουργικά μέχρι το τέλος του 2006 (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή)).

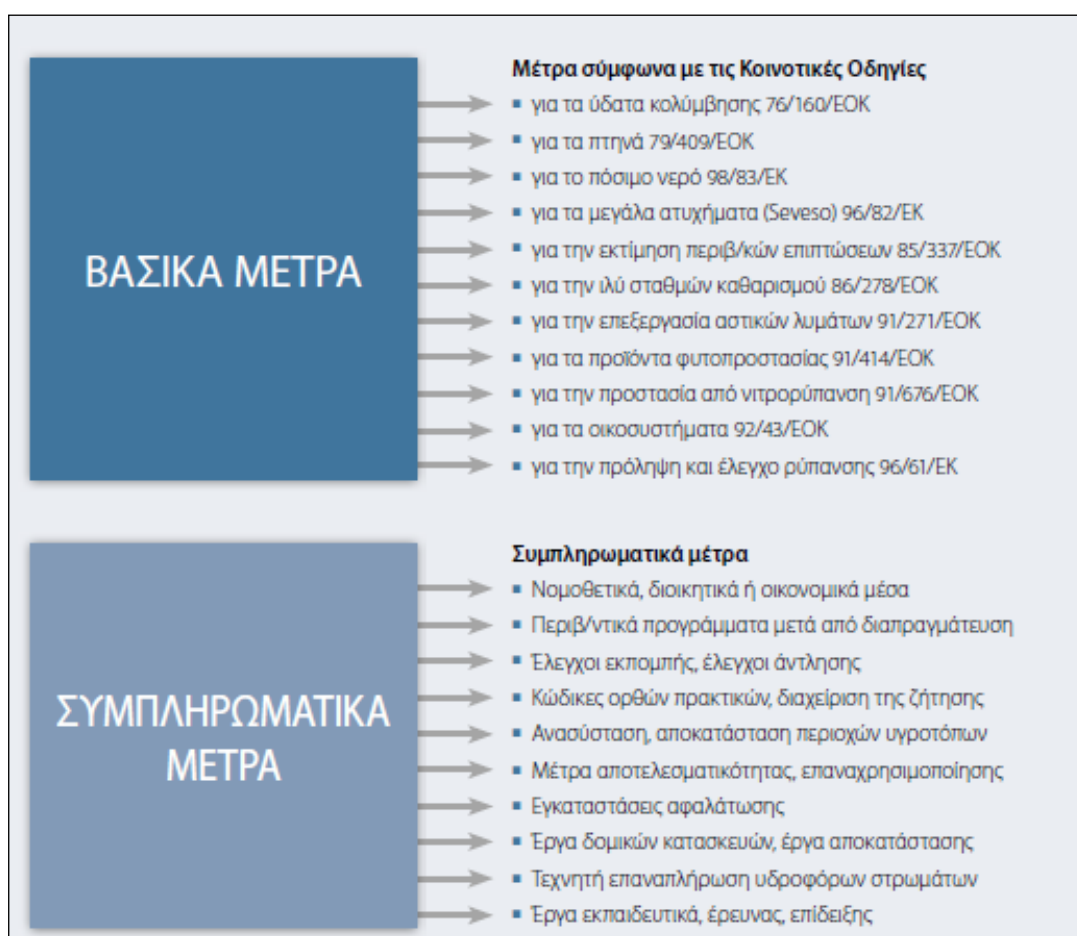
4. Να καταρτίσουν Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (RBMP) για κάθε περιοχή λεκανών απορροής ποταμών (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή)).

5. Να λάβουν υπόψη, μέχρι το 2010, την αρχή της ανάκτησης του κόστους για τις Υπηρεσίες Ύδατος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους, σύμφωνα και με την αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει” (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή)).

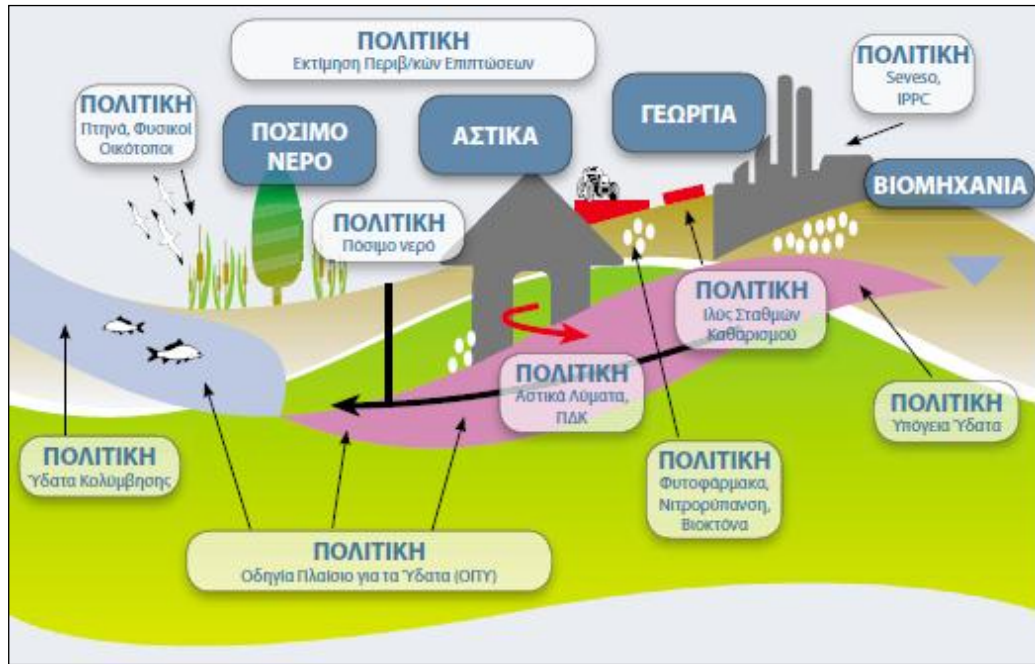
6. Να σχεδιάσουν, μέχρι το τέλος του 2009, Πρόγραμμα Μέτρων για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας (π.χ. έλεγχος άντλησης, μέτρα πρόληψης ή ελέγχου ρύπανσης), το οποίο πρέπει να είναι έτοιμο προς εφαρμογή μέχρι το τέλος του 2012. Ειδικότερα, τα βασικά μέτρα περιλαμβάνουν ελέγχους της άντλησης υπόγειων υδάτων, ελέγχους (μετά από άδεια) σχετικά με την τεχνητή ανατροφοδότηση ή αύξηση των συστημάτων υπόγειων υδάτων (εφόσον δεν θέτει σε κίνδυνο την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων). Οι άμεσες απορρίψεις ρύπων στα υπόγεια ύδατα είναι

απαγορευμένες, υπό τις προϋποθέσεις μιας σειράς διατάξεων που απαριθμούνται στο Άρθρο 11 της ΟΠΥ.

Το Πρόγραμμα Μέτρων πρέπει να αναθεωρηθεί και, εάν είναι απαραίτητο, να ενημερωθεί μέχρι το 2015 και στη συνέχεια ανά εξαετία. Το σχήμα 8.1 συνοψίζει τα κύρια βασικά και συμπληρωματικά μέτρα που προβλέπονται από την Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα. (Η νέα ευρωπαϊκή οδηγία για τα υπόγεια ύδατα – ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission européenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή)). Τέλος στο σχήμα 8.2 γίνεται μια απεικόνιση της κατάλληλης ενοποίησης των διάφορων θεσμικών οργάνων.



**Σχήμα 8.1:** Κύρια βασικά και συμπληρωματικά μέτρα που προβλέπονται από την ΟΠΥ, σε σχέση με τα υπόγεια ύδατα.



**Σχήμα 8.2:** Ενοποίησης των διάφορων θεσμικών οργάνων (Προστασία των υπόγειων υδάτων στην Ευρώπη, Ευρωπαϊκ).

Στις 14 Νοεμβρίου 2012 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε την έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/ΕΚ). Τα βασικότερα σημεία της έκθεσης είναι (Έκθεση της Ευρωπαϊκής επιτροπής, Βρυξέλλες, 14.11.2012).:

- Η επίτευξη καλής κατάστασης για όλα τα ύδατα θα επιτρέψει την αποκατάσταση των υδατικών οικοσυστημάτων και την παροχή των υπηρεσιών οικοσυστήματος που είναι απαραίτητες για την υποστήριξη της ζωής και της οικονομικής δραστηριότητας που εξαρτώνται από το νερό. Η αξιολόγηση των ΣΔΛΑΠ δείχνει ότι αναμένεται πρόοδος προς την επίτευξη του στόχου, αλλά δεν θα επιτευχθεί η καλή κατάσταση το 2015 για ένα σημαντικό μέρος των υδατικών συστημάτων. Αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους. Η αξιολόγηση των ΣΔΛΑΠ από την Επιτροπή εντοπίζει τα κύρια εμπόδια που απαντώνται σε κάθε κράτος μέλος και υπογραμμίζει ότι οι υδρομορφολογικές πιέσεις, η ρύπανση και η υπερβολική άντληση υδάτων εξακολουθούν να αποτελούν τις κύριες πιέσεις που ασκούνται στο υδατικό περιβάλλον.
- Οι παρεχόμενες στα ΣΔΛΑΠ πληροφορίες για τη χημική κατάσταση των επιφανειακών υδάτων δεν είναι επαρκώς σαφείς ώστε να καθοριστεί η γραμμή βάσης για το 2009. Η χημική ποιότητα των υδατικών συστημάτων έχει βελτιωθεί σημαντικά κατά τα τελευταία 30 χρόνια, αλλά η κατάσταση όσον αφορά τις ουσίες προτεραιότητας που έχουν προσδιοριστεί στην ΟΠΥ υπολείπεται των στόχων. Ένα μεγάλο ποσοστό επιφανειακών

υδάτινων μαζών έχει δηλωθεί ως άγνωστης χημικής κατάστασης. Επιπροσθέτως, τα πρώτα ΣΔΛΑΠ παρουσιάζουν διαφορετικούς βαθμούς εφαρμογής της οδηγίας 2008/105/ΕΚ σχετικά με τον καθορισμό προτύπων ποιότητας περιβάλλοντος και το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολη τη σύγκριση της εκτίμησης της χημικής κατάστασης στα κράτη μέλη.

- Η ΟΠΥ αναγνωρίζει ότι ενδέχεται να απαιτηθεί περισσότερος χρόνος για την επίτευξη της καλής κατάστασης ορισμένων υδατικών συστημάτων. Για το λόγο αυτό, επιτρέπει στα κράτη μέλη να βασιστούν σε μια εξαίρεση βάσει των φυσικών συνθηκών του υδατικού συστήματος και να παρατείνουν την προθεσμία έως το 2027 ή και αργότερα.
- Η προθεσμία για την επίτευξη καλής κατάστασης δύναται επίσης να παραταθεί εάν, μεταξύ άλλων, δεν είναι τεχνικά εφικτή ή είναι δυσανάλογα δαπανηρή η αποκατάσταση της καλής κατάστασης του υδατικού συστήματος έως το 2015. Στην περίπτωση εφαρμογής εξαιρέσεων, η ΟΠΥ ορίζει ότι τα κράτη μέλη πρέπει να δικαιολογήσουν και να επεξηγήσουν τους σχετικούς λόγους στα ΣΔΛΑΠ. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι πρέπει να επεξηγήσουν τη βάση στην οποία έγιναν οι αξιολογήσεις των φυσικών συνθηκών, του δυσανάλογου κόστους ή/και της τεχνικής αδυναμίας και πώς μπορεί να σημειωθεί πρόοδος προς την επίτευξη του στόχου καλής κατάστασης. Η αιτιολόγηση αυτή είναι σημαντική για τη διαφάνεια και την υπευθυνότητα της λήψης αποφάσεων.
- Η εφαρμογή θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι η διαχείριση των υδάτων βασίζεται στην καλύτερη κατανόηση των βασικών κινδύνων και των πιέσεων που ασκούνται σε μια λεκάνη απορροής ποταμού, βάσει σωστής παρακολούθησης. Η διαδικασία αυτή θα οδηγήσει σε οικονομικά συμφέρουσες παρεμβάσεις για την εξασφάλιση της μακροπρόθεσμης βιώσιμης παροχής ύδατος για τους ανθρώπους, τις επιχειρήσεις και τη φύση.
- Επίσης, η Επιτροπή θα παρακολουθεί διμερώς με τα κράτη μέλη την εφαρμογή των συστάσεων που πραγματοποιεί στην παρούσα έκθεση εφαρμογής και στα συνοδευτικά έγγραφα, ενώ θα συνεχίσει να επιβάλλει τις υποχρεώσεις βάσει της ΟΠΥ εφόσον είναι απαραίτητο.



Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας, ήταν ο καθορισμός των υδρογεωλογικών συνθηκών, που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας, στα πλαίσια της σωστής διαχείρισης και προστασίας των υδάτινων πόρων της λεκάνης.

Η περιοχή μελέτης αναπτύσσεται ΝΑ του όρους Υμηττού. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει την περιοχή της Βάρης – Βάρκιζας, την περιοχή Κίτσι και συνεχίζει κλείνοντας στην Νότια πλευρά της περιοχής του Κορωπίου.

Το κλίμα που επικρατεί στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Βάρης είναι Μεσογειακού τύπου, με βροχές την ψυχρή περίοδο και ανομβρία με υψηλές θερμοκρασίες κατά το θέρος. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 458,1 mm και μέση ετήσια θερμοκρασία 16,5° C. Από τα 458,1 mm ( $14,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ , όγκος νερού, που αντιστοιχεί στην υδρολογική λεκάνη) νερού τα 323,56 mm (ή  $10,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ , όγκος νερού, που αντιστοιχεί στην υδρολογική λεκάνη) είναι πραγματική εξατμισοδιαπνοή, 134,5 mm (ή  $4,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ , όγκος νερού, που αντιστοιχεί στην υδρολογική λεκάνη), ολική απορροή (απορροή και κατείσδυση) και 26,6% (ή  $3,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) είναι αυτά που κατεισδύουν στη λεκάνη της Βάρης.

Με βάση την υδροπερατότητα, τα πετρώματα της περιοχής μελέτης διακρίνονται σε: υδροπερατους σχηματισμούς (σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί, μάρμαρα, ασβεστόλιθοι και δολομίτες), που καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη έκταση της περιοχής μελέτης (53,52 % της έκτασης της περιοχής μελέτης), μέτριας περατότητας (Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις, οφιόλιθοι και οι σχιστόλιθοι της Βάρης) και σε αδιαπερατους σχηματισμούς (σχιστόλιθοι κατώτερου Κρητιδικού) η εξάπλωση των οποίων φαίνεται στον γεωλογικό χάρτη.

Στην περιοχή αναπτύσσονται δύο είδη υδροφόρων, το καρστικό σύστημα και το κοκκώδες. Η καρστική υδροφορία αφορά τους ανθρακικούς σχηματισμούς που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης μεταμορφωμένοι και ημι – μεταμορφωμένοι. Πρόκειται για σχηματισμούς του κατώτερου μαρμάρου συμπεριλαμβανομένου των ασβεστολίθων του Ανώτερου Κρητιδικού, τους δολομίτες της Πιρναρής και των ασβεστολίθων - σχιστολίθων της Βάρης.

Τα κοκκώδη υδροφόρα συστήματα με βάση την περιοχή έρευνας διακρίνονται στις εξής δύο κατηγορίες: τα Νεογενή και τις Τεταρτογενείς αποθέσεις.

Τα νεογενή στο σύνολο τους δεν αποτελούν σημαντικό υδροφόρο σχηματισμό, εξαιτίας των εναλλαγών υδροπερατών με στεγανά πετρώματα, όπως είναι οι μάργες και οι πηλοί ενώ η υδροπερατότητα τους είναι άμεση συνάρτηση της λιθολογίας. Τα νεογενή καταλαμβάνουν Βορειοανατολικά και Νοτιοδυτικά πεδινές περιοχές της περιοχής μελέτης. Η κύρια τροφοδοσία γίνεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις φιλοξενούν την κύρια υπόγεια υδροφορία, στην οποία γίνεται εκτεταμένη εκμετάλλευση στην περιοχή μελέτης. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί, οι αποθέσεις στις κοίτες των χειμάρρων, τα πλευρικά κορήματα και οι ποταμοχερσαίες αποθέσεις.

Οι συνθήκες, κάτω από τις οποίες, βρίσκεται το υπόγειο νερό στην περιοχή μελέτης, εξαρτάται από την λιθολογία των υδροφόρων στρωμάτων αλλά και την στρωματογραφική τους συσχέτιση με άλλους γεωλογικούς σχηματισμούς που μπορεί να διαδραματίζουν ρόλο διαβιβαστή ή παρεμποδιστή της υπόγειας κυκλοφορίας προς ορισμένες διευθύνσεις.

Με βάση τις ποιοτικές παραμέτρους των υπόγειων νερών, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων τους, τη θέση και το είδος του υδροληπτικού έργου, καθώς και το είδος της υδροφορίας που εκμεταλλεύεται προέκυψαν ότι:

- το Βόρειο και το κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης αλλά και η καρστική υδροφορία της έχουν αγωγιμότητα νερών, που ξεπερνά τα 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και σε ορισμένα σημεία ξεπερνά τα 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Επίσης τα ίδια τμήματα παρουσιάζουν μεγάλες συγκεντρώσεις χλωριώντων. Όσον αφορά τα νιτρικά ιόντα, σχεδόν όλη η περιοχή μελέτης παρουσιάζει σοβαρό πρόβλημα από τις αυξημένες συγκεντρώσεις που φτάνουν μέχρι και 432 mg/l (P2 τον Νοέμβρη μήνα).
- Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε ότι τα υδροληπτικά έργα G2, G7, G9, G10, G13, G14, G15, G16, P2 & P9 παρουσιάζουν παράλληλη επιβάρυνση στην αγωγιμότητα, στα χλωριόντα και στα νιτρικά και στις δύο περιόδους δειγματοληψίας, επομένως το νερό τους, κρίνεται αυστηρά ακατάλληλο.

- Το pH των νερών της περιοχής έρευνας παρουσιάζει τιμές από 6,77 μέχρι 7,72 , που σημαίνει ότι πρόκειται ουσιαστικά για ουδέτερα ως ελαφρά βασικά νερά.
- Διαπιστώθηκαν υψηλές τιμές θερμοκρασίας νερού, κυρίως στα ανθρακικά πετρώματα (Κατώτερο μάρμαρο, δολομίτης Πιρναρής). Επίσης, διαπιστώνονται υψηλές τιμές, στα νερά των χερσαίων ποταμοχερσαίων σχηματισμών (Πλειστοκαινικούς). Αυτό οφείλεται πιθανόν στην τροφοδοσία από τα ανθρακικά πετρώματα ή πιθανόν στην επέκταση τους μέχρι τη θάλασσα, κάτω από τις προσχώσεις.
- Όλα τα νερά της περιοχής έρευνας κατατάσσονται από άποψη σκληρότητας στην κατηγορία των πολύ σκληρών νερών. Η μέση τιμή της μόνιμη σκληρότητα για τον μήνα Ιούλιο 2012 είναι 540,23 mg/l CaCO<sub>3</sub> ενώ για το μήνα Νοέμβριο είναι 538,69 mg/l CaCO<sub>3</sub>.
- Η συμπεριφορά των συνολικά διαλυμένων στερεών (T.D.S) παρουσιάζει μέση τιμή 1222,41 mg/l για την περίοδο Ιουλίου και 1378,59 mg/l τον Νοέμβριο και μεγάλη διασπορά και στις δύο περιόδους.
- Τέλος, με την βοήθεια του διαγράμματος της αρδευτικής καταλληλότητας (Wilcox) παρουσιάζονται 6 κατηγορίες αρδευτικού νερού, οι οποίες είναι C3-S1, C2-S1, C3-S3, C4-S1, C4-S2 & C4-S3 (μόνο το G11 την περίοδο του Ιούλη).

Σύμφωνα με την υδροχημική έρευνα που αναφέρθηκε συνοπτικά στην προηγούμενη παράγραφο και με την μικροβιολογική ανάλυση (κατά την δεύτερη περίοδο δειγματοληψίας) που έγινε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, πιστοποιήθηκε η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών, γενικά, με ελάχιστες εξαιρέσεις. Συγκεκριμένα το υπόγειο νερό κρίθηκε ακατάλληλο για πόση, ενώ η αρδευτική χρήση σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να γίνει μόνο με προϋποθέσεις όπως με την καλλιέργεια ανθεκτικών φυτών.

Οι παράγοντες, που έχουν συνεπιδράσει στη διαμόρφωση της σημερινής κατάστασης των υπόγειων νερών της ευρύτερη περιοχής της λεκάνης Βάρης – Βάρκιζας είναι οι ακόλουθοι :

- ❖ Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις οι οποίες στην περιοχή είναι οι εξής:

1. η αλλαγή των χρήσεων γης , άμεσο επακόλουθο της οικιστικής ανάπτυξης που έχει μετατρέψει τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις σε κτίρια, έχει περιορίσει σημαντικά την επιφανειακή κατείσδυση και συνεπακόλουθα την τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων.
  2. η οικοπεδοποίηση της κοίτης των χειμάρρων οι οποίες αποτελούν το βασικό τροφοδότι των υπόγειων νερών.
  3. η ευρεία και εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων και στους θερινούς, αλλά και στους χειμερινούς μήνες, προκαλεί υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού.
- ❖ οι υδρογεωλογικές συνθήκες, που επικρατούν στην περιοχή και μεταφράζονται σε γειτνίαση του υπόγειου φρεάτιου υδροφόρου με τη θάλασσα, οι οποίες σε συνδυασμό με την εντατική άντληση για άρδευση προκαλούν θαλάσσια διείσδυση, με αποτέλεσμα την περαιτέρω υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού.
  - ❖ η περιορισμένη βροχόπτωση σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοκρασία και τους ανέμους, ενισχύουν την εξάτμιση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.
  - ❖ η περιορισμένη τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων, σε συνδυασμό με την εντατική εκμετάλλευσή τους, οδηγεί αφενός στην εξάντληση των αποθεμάτων (ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού) και αφετέρου στην υποβάθμιση της ποιότητας του νερού.

Το βασικό ζήτημα που αφορά τους υδάτινους πόρους είναι η διατήρηση και βελτίωση της καλής ποιότητας τους για αειφόρο ανάπτυξη. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς και το ιδιαίτερο υδρογεωλογικό καθεστώς, που επικρατεί στη περιοχή μελέτης προτείνονται κάποιες ενέργειες και δράσεις για την καλύτερη διαχείριση τους:

- ❖ Οριοθέτηση χειμάρρων, δεδομένου ότι, σε κάποια σημεία οι χείμαρροι διακόπτονται ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών και φυσικών παραγόντων.
- ❖ Αρκετές φορές στην περιοχή μελέτης, οι βροχοπτώσεις οδηγούν σε πλημμυρικές απορροές, με αποτέλεσμα το νερό να εκφορτίζεται άμεσα στην θάλασσα. Θα μπορούσαν λοιπόν να κατασκευαστούν μικρά αντιπλημμυρικά έργα διπλής

σκοπιμότητας σε επιλεγμένες θέσεις, κατά μήκος της κοίτης των χειμάρρων, τα οποία αφενός επιβραδύνουν την απορροή και θα βοηθήσουν τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων και αφετέρου θα λειτουργήσουν για την προστασία από τις πλημμύρες.

- ❖ Τυχόν νέες γεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης, θα πρέπει να έχουν περιορισμένο βάθος ανόρυξης και παροχής άντλησης, ώστε να μην είναι δυνατή η σημαντική πτώση στάθμης που μπορεί να προκαλέσει υφαλμύριση του υδροληπτικού έργου, που θα σημάνει πιθανά και την αχρήστευση του.
- ❖ Παράλληλα, απαραίτητο είναι να πραγματοποιούνται δοκιμαστικές αντλήσεις, από τις οποίες να καθορίζεται η μέγιστη παροχή άντλησης σε συνάρτηση με την πτώση στάθμης και των κινδύνων υφαλμύρωσης. Αυτό βέβαια θα μειώνει την απόδοση του υδροληπτικού έργου, αλλά πρόκειται για ένα αναγκαίο κακό, προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος υφαλμύρωσης και εξάντλησης του υδροφόρου.
- ❖ Η αποφυγή περαιτέρω διεύδυσης της θάλασσας είναι επιτακτική ανάγκη και μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διατήρησης της ισορροπίας γλυκού και αλμυρού νερού, ώστε η υδροστατική στάθμη του υδροφόρου, να είναι μονίμως πάνω από την στάθμη της θάλασσας. Όλα τα παραπάνω σημαίνουν ορθολογική διαχείριση των υδροφόρων της περιοχής που θα βασίζεται στις υδροδοτικές τους ικανότητες και όχι στις ανάγκες των ιδιοκτητών των γεωτρήσεων.
- ❖ Αν με την εφαρμογή του παραπάνω σχεδίου ορθολογικής διαχείρισης, διαπιστωθεί ότι οι ανάγκες των καταναλωτών είναι μεγαλύτερες από την ικανότητα των υδροφορέων θα μπορούσε να τεθεί σε εφαρμογή ένα παράλληλο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης υδατικών πόρων. Βέβαια, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τα ποιοτικά πρότυπα για κάθε χρήση και ίσως θα χρειαζόταν να επιβαρυνθεί ο καταναλωτής με ένα επιπρόσθετο κόστος καθαρισμού το οποίο θα πρέπει να διατηρηθεί όσο γίνεται χαμηλό.
- ❖ Αποφασιστικός είναι και ο καθορισμός ζωνών προστασίας για κάθε γεώτρηση, ώστε να επιτυγχάνεται κατά το δυνατόν η προστασία από ρυπαντικές εστίες, που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά ακόμα και βαθείς υδροφόρους. Παράλληλα απαιτούνται τακτικοί χημικοί έλεγχοι, σε επιλεγμένες γεωτρήσεις υπό την εποπτεία των αρμόδιων φορέων, για να αντιμετωπιστούν τυχόν προβλήματα στην αρχή τους.

- ❖ Απαιτείται πρόγραμμα μόνιμης παρακολούθησης και καταγραφής των παραμέτρων των υδροσημείων της περιοχής μελέτης, ώστε να επικαιροποιούνται τα υδρογεωλογικά και υδροχημικά δεδομένα και να γίνεται συνεχής έλεγχος του υδατικού ισοζυγίου. Μεταξύ των άλλων, καλό είναι να καταγράφονται συστηματικά η στάθμη σε σχέση με την παροχή, η χρονική μεταβολή της στάθμης και των χλωριόντων. Επίσης διενέργεια αντλητικών δοκιμών με τα αποτελέσματα των οποίων θα καταστρωθεί πρόγραμμα εκμετάλλευσης και θα καθοριστεί η κρίσιμη παροχή.
- ❖ Ο τεχνητός εμπλουτισμός είναι μια πολύ καλή λύση, για να χρησιμοποιηθεί το πλεόνασμα νερού που χάνεται στην θάλασσα ακολουθώντας είτε υπόγειες είτε επίγειες διαδρομές. Αυτό το πλεόνασμα, πρέπει να θεωρείται εκμεταλλεύσιμος υδατικός πόρος. Παράδειγμα αποτελεί το πρόγραμμα αποστράγγισης υδάτων και χρήσης τους, για ανάγκες τεχνητού εμπλουτισμού του νέου αερολιμένα Αθηνών, το οποίο όμως έχει παραμείνει στα χαρτιά. Με τον τεχνητό εμπλουτισμό θα εξυπηρετηθούν μια σειρά από σκοπούς, όπως η απώθηση του μετώπου υφαλμύρωσης από την ενδοχώρα, η αναβάθμιση της υδροδοτικής ικανότητας των υδροφορέων, η καλύτερευση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού, η καλύτερη κάλυψη των αρδευτικών και άλλων αναγκών κ.α. Ένα τέτοιο πρόγραμμα προϋποθέτει την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου συνδυασμένης διαχείρισης των επιφανειακών και υπόγειων νερών.
- ❖ Ο τεχνητός εμπλουτισμός ειδικά του καρστικού υδροφορέα παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλους υδροφορείς που είναι ότι σπάνια σφραγίζονται τα κενά αν ο εμπλουτισμός εφαρμοστεί κατάλληλα και παράλληλα η κίνηση των νερών είναι ταχεία και τυρβώδης (Μαριολάκος κ.α., 2001). Αφού στην περιοχή μελέτης ο υδροφόρος με άμεσο πρόβλημα θαλάσσιας προσβολής είναι αυτός του κατώτερου μαρμάρου, τυχόν προσπάθειες εμπλουτισμού θα μπορούσαν να αρχίσουν από αυτόν.
- ❖ Η υφαλμύρωση των υδροφόρων είναι φαινόμενο για το οποίο οι λύσεις αποδεικνύονται εξαιρετικά χρονοβόρες και δαπανηρές. Επομένως πρέπει πάση θυσία να αποφεύγεται η επιδείνωση της κατάστασης που σημαίνει άμεση λήψη μέτρων με τα οποία θα δημιουργούνται υδραυλικοί φραγμοί για το θαλασσινό νερό.
- ❖ Προκειμένου να μειωθεί ο αντλητικός φόρτος στους υδροφορείς της περιοχής μελέτης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός αποθήκευσης επιφανειακού νερού

σε μικρές επιφανειακές δεξαμενές για σκοπούς άρδευσης με παράλληλα έργα τεχνητού εμπλουτισμού.

- ❖ Ενημέρωση των καλλιεργητών όσον αφορά τη χρήση λιπασμάτων με στόχο τον περιορισμό της κατανάλωσης και την μείωση της ρύπανσης των υπόγειων νερών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

**Αγγελακοπούλου Π., 2011.** Μεταπτυχιακή εργασία: Το υδατικό καθεστώς της λεκάνης Αναβύσσου με έμφαση στα υπόγεια νερά. Ε.Μ.Π, ΔΜΣ « Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων ».

**Αναγνωστόπουλος Αθ., 2008/09.** ΕΜΠ, ΔΠΜΣ •Πολεοδομία Χωροταξία- Προσεγγίσεις του σχεδιασμού στην Ελλάδα).

**Αλεξάκης, j., 1998.** Περιβαλλοντική – υδρογεωχημική μελέτη περιοχών Ανατολικής Αττικής, Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Αθηνών, τμήμα Γεωλογίας, Αθήνα.

**Αλεξάκης, j., 2002,** Η επίδραση γεωλογικών και ανθρωπογενών παραγόντων στην ποιότητα και την χημική σύσταση των υπογείων νερών περιοχών της Ανατολικής Αττικής, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, τμήμα Γεωλογίας, Αθήνα.

**Αντωνιάδου Μ.,2003.** Ποιοτική υποβάθμιση υπόγειων νερών με έμφαση στην μικροβιακή μόλυνση. Η περίπτωση της νήσου Λέσβου, Μεταπτυχιακή εργασία. Ε.Μ.Π, ΔΜΣ «Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων».

**Bouazza I., 2009.** Ψηφιοποίηση τοπογραφικού χάρτη με ισοδιάσταση 20 m του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Πανεπιστημίου Αθηνών)

**Βουδούρης Κ., 2006.** Θέματα υδρογεωλογικού περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη.

**Γεωργαλός Γ. και Κουμαντάκης Ι.. 1995.** Θερμοκρασιακό καθεστώς υπόγειων νερών καρστικού συστήματος Υμηττού, Πρακτικά 3ου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου της Ελληνικής Επιτροπής Υδρογεωλογίας με έμφαση στα υδρογεωλογικά προβλήματα των νησιωτικών περιοχών, Ηράκλειο Κρήτης.

**Γεωργαλός, Λ., 1996.** Υδρογεωλογικές συνθήκες καρστικού συστήματος. Υμηττού, Αθήνα, Διδακτορική διατριβή, Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων.

**Δελιγιώργης– Αλεξοπούλος 1980.** Η σπηλιά, ναός του θεού Πάνα. Σπηλιά της Αττικής αφιερωμένα στη λατρεία του Θεού. Δελτ. Ε.Σπ.Ε. 17,1 , 113-176. Αθήνα.

**Έλληνας Α., 2005.** Το υδρογεωλογικό καθεστώς στην πεδιάδα των Μεσογείων με έμφαση στη ποιότητα του υπόγειου νερού, Διπλωματική Διατριβή. Ε.Μ.Π, ΔΜΣ « Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων ».

**Ευρωπαϊκή επιτροπή (Βρυξέλλες, 14.11.2012).** Έκθεση της επιτροπής προς το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και το συμβούλιο σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/ΕΚ) (Σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού).

**ΕΣΥΕ.** Εθνική στατιστική υπηρεσία Ελλάδας , Απογραφή 2001 – Δήμος Βάρης

**Εταιρεία τουριστικής ανάπτυξης α.ε.** Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τη διαμόρφωση της ελεύθερης πλαζ Βάρκιζας.



- Ζερβογιάννη-Μακρυγιάννη, Μ., 1969.** Προκαταρκτική υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης Μεσογείων Αττικής, Υπ. Γεωργίας, Γενική διεύθυνση γεωργίας, Υ.Ε.Β., διεύθυνση Ι, τμήμα Β' γεωλογικών, 33 σ., Αθήνα.
- Ζερβογιάννη – Μακρυγιάννη, Μ., 1969.** Προκαταρκτική υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης Μεσογείων Αττικής, Υπ. Γεωργίας, ΥΕΒ, 82 σελ., Αθήνα.
- Κουκουβίνος. Τοπογράφος μηχανικός του ΕΜΠ.** Ψηφιοποίηση γεωλογικού χάρτη, κλίμακας 1/500.000.
- Καλλέργης Γ., 2000.** Εφαρμοσμένη και περιβαλλοντική υδρογεωλογία. Τόμος Β' Έκδοση ΤΕΕ.
- Καλλέργης Γ., 2001.** Εφαρμοσμένη και περιβαλλοντική υδρογεωλογία. Τόμος Γ' Έκδοση ΤΕΕ.
- Καλλέργης Γ., 2002.** Έλεγχος της ρύπανσης και τεχνικές απορρύπανσης υδροφόρων, Πρακτικά 9ου διεθνούς Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας με έμφαση στην συμβολή των Γεωεπιστημών στην ανάπτυξη, τομ. XXXIV/6, σελ.2275 – 2302.
- Καρράς Γ., 1973.** Κλιματική ταξινόμηση της Ελλάδας κατά Thornthwaite. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ.200
- Κατσικάτσος Γ, 1992.** Γεωλογία της Ελλάδας. ΟΕΔΒ, 451σ.
- Κελεπερτζής Α., 2007.** Γεωχημεία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Κουμαντάκης Ι.** Υδρολογικές εισηγήσεις- Μόλυνση & Ρύπανση των υπόγειων νερών – Πρόταση για νομοθετική αντιμετώπιση
- Κουμαντάκης Ι., 1999.** Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εϋλουτισμού υπόγειων υδροφορέων βόρειας παραλιακής και ημιλοφώδους ζώνης Ν. Κορινθίας. Ερευνητικό πρόγραμμα. Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Τμήμα Μεταλλειολόγων ΕΜΠ.
- Κουμαντάκης, Ι.Ε., Σωτηρόπουλος, Β.Π. 1976.** Έρευνα επί των συνθηκών γενέσεως και των εδαφομηχανικών χαρακτηριστικών μιας μορφής λεπτοστρωματωδών αργιλοϊλυωδών αποθέσεων ανευρεθεισών εις Βάρκιζαν και Άρδαν. Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Κεντρικών Εργαστήριον Δημοσίων Έργων.
- Κούνης Γ., 1998.** Μελέτη για την υδρογεωλογία της Αττικής, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Κουσιδής Α., 2000.** Γεωλογικές και γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στο υδρογραφικό δίκτυο της Βάρης, Ν. Αττικής. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999.** Τεχνική υδρολογία ΕΜΠ, Τομέας υδατικών πόρων έκδοση 3,417σ.
- Λέκκας, Σ., Αλεξόπουλος, Α., 1984.** Μαθήματα υδρογεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, τμήμα Γεωλογίας, Αθήνα.
- Λέκκας Σ., 1993.** Υδρογεωλογικές παρατηρήσεις στην περιοχή των Μεσογείων (Αττική, Ελλάς) τομ XXVIII/3, Δελ. Γεωλογικής εταιρείας.

**Λέκκας Σπ.- Αλεξόπουλος Απ., 2005.** «Εισαγωγή στην Υδρογεωλογία»

**Μαρίνος, Γ., 1955.** Η ηλικία των μεταμορφωμένων στρωμάτων της Αττικής . Δ.Ε.Γ.Ε. 2, 1-13, Αθήνα.

**Μαρίνος Γ. – Petrascheck W., 1956.** Λαύριον – Ι.Γ.Ε.ΙΥ. Γεωλογικά και Γεωφυσικά μελέται , τομ. IV, αρ. 1. σ. 247.

**Μαρίνος Γ., Κατσικάτσος Γ., Γεωργιάδου – Δικαιούλια Ε., & Μίρκου Ρ., 1971.** Το σύστημα των σχιστολίθων Αθηνών. 1. Στρωματογραφία και Τεκτονική, Annales G.d.P.H., 23, 183-216.

**Μαριολάκος Η., Λέκκας Σ., Αλεξόπουλος Α., Φουντούλης Ι., Σπυρίδωνος Ε., Μπαντέκας Ι., Μαριολάκος j., Ανδρεαδάκης Ε., 2001.** Τεχνητός εμπλουτισμός του υπόγειου καρστικού υδροφορέα του Φυλλήιου όρους στην περιοχή των Φαρσάλων (Θεσσαλία), Πρακτικά 9ου διεθνούς Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας (με έμφαση στην συμβολή των γεωεπιστημών στην ανάπτυξη), τόμος XXXIV/5, σελ.1843 – 1850, Αθήνα.

**Μαριολόπουλος Η., 1982.** Το κλίμα της Ελλάδος. Επιτομή. Ακδιμία Αθηνών, Κέντρο έρευνας φυσικής της ατμόσφαιρας και κλιματολογίας, Δημοσίευμα 7, 66σ.

**Μέττος Α., 1992.** Γεωλογική και παλαιογεωγραφική μελέτη των ηπειρωτικών νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών ΒΑ/κης Αττικής και ΝΑ/κης Βοιωτίας διατριβή, σ. 259, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

**Μποσινάκου Π., 2002.** Η υδρογεωλογική μελέτη της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης της Αβύσσου, Μεταπτυχιακή εργασία. Ε.Μ.Π, ΔΜΣ « Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων ».

**Οδηγία για τα υπόγεια ύδατα.** Ενοποίηση του κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου από την Commission europeenne (Ευρωπαϊκή Επιτροπή))

**Παπαδέας Γ., 1998.** Στρωματογραφία και παλαιοτεκτονική των παλαιοζωικών και μεσοζωικών σχηματισμών και η βαρίσκια γαιανθορακοφορία της κεντρικής Εύβοιας . Ann. Geol. D. pays Hellen Athenes.

**Παπαδέας Γ., 2002.** Γεωλογικές έρευνες στην Αττική, Παν. Αθηνών, Αθήνα.

**Παπανικολάου Δ., 1986.** Γεωλογία της Ελλάδας. Εκδόσεις Επτάλοφος ΑΒΕΕ, Αθήνα.

**Παυλόπουλος Π., 1992.** Γεωμορφολογική εξέλιξη της Νότιας Αττικής. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

**Σιέμος Ν., Μιχαλάκης Ι. και Αναστασοπούλου Σ., 2010.** Γ' ΚΠΣ Επιχειρησιακό πρόγραμμα ανταγωνιστικότητα - ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΑΤΤΙΚΗΣ (06, τμ. 03).

**Σούλιος., 2006.** Γενική υδρογεωλογία , ποιότητα υπόγειου νερού, ρύπανση - μόλυνση υπόγειου νερού, Δ' τόμος, Θεσσαλονίκη.

**Χαρμανίδης Φ., 1998.** Επίδραση των θαλάσσιων εισφορών στην χημική κατάσταση των υπόγειων νερών των μικρών νησιών (παράδειγμα: Κυκλάδες), Πρακτικά 3ου Εθνικού

Συνεδρίου για την διαχείριση των Υδατικών Πόρων σε Νησιωτικές και Παράκτιες περιοχές, σελ. 206 – 209, Αθήνα.

### **Ξένη βιβλιογραφία**

**Clement B. – Katsikatsos G., 1982.** Etudes geologiques d'un secteur des zones internes des Hellenides . L' Attique septentrionale (Grece continentale)\_Annales de la Societe geologique du nord . v.51.pp.87-96.

**Freeze R.A., and Cherry, J.A., 1979.** Groundwater, Prentice-Hall, New Jersey, U.S.A. 604pp.

**Γαιτανάκης Π., Τσαιλα – Μονοπολη Σ.** Neu Daten zur Geologie und Stratigraphie der Insel Aegina (Griechenland) Mitt, Gess Geol. Bergbaustud . Osterr 25. Wien

**Katsikatsos G. 1977.** La structure tectonique d' Attique et de l' ile d' Eubee . vi Coll. Geol .Aegean Region, Athens.

**LepsiusR., 1893.** Geologie von Attika , Berlin. (μετάφραση Βουγιούκα) Αθήνα σελ.589.

**Renz C. 1955.** Die vorneogen Stratigraphie der normal sedimentaren Formationen Griechenlands. I.G.S.R. p. 637, Athens.

### **Πηγές Διαδικτύου**

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%84%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE>  
([http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem\\_cr6.htm](http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_cr6.htm)  
<http://www.pneumon.org/828/newsid844/4>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ➤ Παράρτημα Ι

Κεφάλαιο 1: Υδρομετεωρολογικά δεδομένα

Κεφάλαιο 2: Υδροχημικές αναλύσεις

### ➤ Παράρτημα ΙΙ

Συλλογή φωτογραφιών

## Παράρτημα Ι

## **Κεφάλαιο 1: Υδρομετεωρολογικά δεδομένα**

**Πίνακας 1:** Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Θερμοκρασίας για τον σταθμό Ελληνικό

Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Θερμοκρασίας - Ε.Μ.Υ.													
Όνομα Σταθμού								Περίοδος					
Ελληνικό								1/1/1955 έως 31/12/2004					
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Μέση Ετήσια
<b>1955</b>	13,3	14,2	13,6	14,9	21,6	25,7	28,4	27,0	24,3	20,7	15,4	12,8	<b>19,3</b>
<b>1956</b>	11,2	10,3	9,3	16,5	20,4	25,1	28,9	29,6	24,6	19,7	16,0	10,8	<b>18,5</b>
<b>1957</b>	9,3	12,3	11,8	16,0	19,4	26,9	28,4	29,4	24,9	20,9	15,7	11,1	<b>18,8</b>
<b>1958</b>	10,5	12,9	13,3	16,1	22,5	25,2	28,8	29,4	23,2	19,8	15,4	13,3	<b>19,2</b>
<b>1959</b>	10,3	8,5	13,7	16,4	21,3	24,8	28,1	28,3	23,1	17,0	14,9	13,6	<b>18,3</b>
<b>1960</b>	11,4	11,9	12,0	16,3	21,4	25,4	28,4	28,7	23,8	22,1	18,1	15,3	<b>19,6</b>
<b>1961</b>	10,9	9,6	13,8	18,4	21,1	25,5	28,1	28,3	23,6	19,2	17,5	12,6	<b>19,1</b>
<b>1962</b>	11,7	10,0	14,0	17,3	21,5	25,9	28,5	29,9	25,1	19,4	17,9	11,4	<b>19,4</b>
<b>1963</b>	10,8	12,5	11,8	16,2	20,0	25,8	29,0	29,5	25,7	19,6	17,4	13,4	<b>19,3</b>
<b>1964</b>	7,8	9,5	12,7	15,9	20,1	25,7	27,8	27,2	23,3	20,5	16,3	13,0	<b>18,3</b>
<b>1965</b>	10,8	9,3	12,8	15,3	19,7	26,2	28,5	26,7	25,2	18,7	16,8	13,9	<b>18,7</b>
<b>1966</b>	10,7	14,0	12,7	17,4	19,8	24,8	28,6	29,2	24,4	22,9	17,4	12,9	<b>19,6</b>
<b>1967</b>	10,3	9,3	12,5	16,1	21,4	24,6	28,3	29,2	24,8	20,3	15,6	13,3	<b>18,8</b>
<b>1968</b>	9,7	11,7	12,3	17,4	23,4	24,8	28,1	26,3	23,9	18,3	15,1	11,4	<b>18,5</b>
<b>1969</b>	8,8	12,3	11,5	14,2	22,1	24,7	26,4	27,2	24,8	18,5	16,4	13,1	<b>18,3</b>
<b>1970</b>	12,0	12,1	12,8	17,2	19,0	25,1	27,8	27,9	24,1	18,3	15,2	11,4	<b>18,6</b>
<b>1971</b>	11,5	9,8	11,8	14,9	21,5	25,1	26,7	28,1	23,0	17,6	15,1	10,9	<b>18,0</b>
<b>1972</b>	10,0	10,2	12,0	16,4	20,6	25,5	26,5	27,4	23,9	17,5	15,0	10,4	<b>17,9</b>
<b>1973</b>	9,6	11,0	10,9	15,1	21,3	24,8	27,8	27,0	24,9	19,8	14,2	13,1	<b>18,3</b>
<b>1974</b>	8,9	11,3	12,2	14,6	19,7	24,8	28,1	28,1	24,1	21,3	15,2	11,4	<b>18,3</b>
<b>1975</b>	9,7	8,6	14,1	16,6	21,1	24,6	28,2	26,1	25,6	19,7	14,6	10,5	<b>18,3</b>
<b>1976</b>	10,2	8,9	11,7	15,5	20,3	24,7	26,5	25,1	22,9	19,2	14,8	11,9	<b>17,6</b>
<b>1977</b>	10,5	13,5	13,3	16,4	21,5	25,3	28,5	28,1	22,9	18,0	16,8	9,9	<b>18,7</b>
<b>1978</b>	9,4	12,2	13,1	15,6	20,4	25,4	27,8	26,5	22,2	18,2	12,9	13,0	<b>18,1</b>
<b>1979</b>	10,5	11,2	14,0	15,2	20,3	26,3	27,2	27,0	24,2	18,5	15,1	12,4	<b>18,5</b>
<b>1980</b>	9,2	9,0	11,5	14,6	18,9	24,3	27,7	27,5	23,5	20,1	17,1	12,0	<b>18,0</b>
<b>1981</b>	8,2	9,8	13,8	16,1	19,3	25,4	27,1	27,0	24,3	22,0	13,5	14,4	<b>18,4</b>
<b>1982</b>													
<b>1983</b>	9,1	7,9	11,3	16,4	21,5	23,3	27,1	26,2	23,6	18,1	14,1	11,6	<b>17,5</b>
<b>1984</b>	10,9	10,8	11,4	14,0	20,5	24,0	26,7	25,6	24,5	20,8	15,2	11,1	<b>17,9</b>
<b>1985</b>	10,9	8,6	11,6	16,7	21,7	25,2	27,2	28,0	24,0	17,5	16,5	12,9	<b>18,4</b>
<b>1986</b>	12,0	11,3	12,3	17,7	<u>21,2</u>	25,2	27,9	28,8	24,7	18,9	13,2	10,7	<b>18,6</b>
<b>1987</b>	11,5	11,0	8,5	14,5	18,7	25,4	29,1	27,2	26,4	18,3	14,8	11,7	<b>18,1</b>
<b>1988</b>	11,6	10,4	12,3	15,3	20,8	25,3	30,2	28,7	24,7	18,6	12,3	10,8	<b>18,4</b>
<b>1989</b>	8,5	10,5	13,5	17,9	19,5	23,7	27,8	28,1	24,4	18,1	14,6	11,0	<b>18,1</b>
<b>1990</b>	9,0	11,1	14,2	16,9	20,9	25,0	29,2	28,0	24,1	20,0	17,1	12,6	<b>19,0</b>
<b>1991</b>	9,1	10,1	13,0	15,2	18,6	25,3	27,7	27,3	23,7	19,7	15,3	7,6	<b>17,7</b>
<b>1992</b>	9,1	8,1	11,2	16,0	19,2	24,4	26,6	29,3	23,8	21,7	15,8	10,0	<b>18,0</b>

<b>1993</b>	9,5	7,9	11,8	16,1	20,3	26,0	28,3	28,6	24,5	21,2	13,8	13,5	<b>18,5</b>
<b>1994</b>	11,8	10,7	13,1	17,1	21,6	25,7	28,7	29,5	27,4	21,7	14,2	11,1	<b>19,4</b>
<b>1995</b>	10,8	12,1	12,5	15,6	21,0	26,8	29,0	27,7	24,8	18,4	13,3	12,8	<b>18,7</b>
<b>1996</b>	9,7	10,3	9,8	15,1	22,2	26,6	28,8	28,3	23,9	18,0	16,1	13,0	<b>18,5</b>
<b>1997</b>	11,3	10,6	11,7	13,1	21,7	26,1	28,5	26,8	22,9	18,1	15,3	11,5	<b>18,1</b>
<b>1998</b>	10,6	11,7	10,1	16,8	20,1	26,7	30,1	29,9	24,3	20,9	15,9	10,5	<b>19,0</b>
<b>1999</b>	10,9	10,8	13,0	17,0	22,0	27,6	29,3	29,6	25,1	21,7	15,7	14,0	<b>19,7</b>
<b>2000</b>	8,1	10,8	12,5	17,6	22,0	27,1	29,4	29,5	24,6	19,4	17,4	12,8	<b>19,3</b>
<b>2001</b>	11,9	11,7	16,0	16,4	21,4	26,0	29,8	30,0	25,6	21,1	14,6	8,8	<b>19,4</b>
<b>2002</b>	8,5	12,5	13,4	15,9	21,9	27,2	29,5	28,0	24,0	19,9	16,0	10,9	<b>19,0</b>
<b>2003</b>	12,2	6,5	10,3	14,3	22,6	28,1	29,1	29,9	23,9	20,8	15,6	11,1	<b>18,7</b>
<b>2004</b>	8,9	10,1	12,8	16,1	20,0	25,7	28,7	27,8	24,4	21,0	15,1	12,3	<b>18,6</b>
<b>Μέση Τιμή</b>	<b>10,3</b>	<b>10,6</b>	<b>12,3</b>	<b>16,0</b>	<b>20,8</b>	<b>25,5</b>	<b>28,2</b>	<b>28,0</b>	<b>24,3</b>	<b>19,6</b>	<b>15,5</b>	<b>11,9</b>	<b>18,6</b>
<b>Μέγιστη Τιμή</b>	13,3	14,2	16,0	18,4	23,4	28,1	30,2	30,0	27,4	22,9	18,1	15,3	
<b>Ελάχιστη Τιμή</b>	7,8	6,5	8,5	13,1	18,6	23,3	26,4	25,1	22,2	17,0	12,3	7,6	



**Πίνακας 2:** Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Θερμοκρασίας για τον σταθμό Μαρκόπουλο

Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Θερμοκρασίας - Υ.Π.Ε.ΧΩ.ΔΕ.													
Όνομα Σταθμού							Περίοδος						
Μαρκόπουλο							1/1/1971 έως 31/12/2009						
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Μέση Ετήσια
1971	9,5	7,2	9,9	13,3	21,1	25,2	24,9	26,0	21,5	15,6	12,6	8,5	16,3
1972	6,7	7,3	9,5	15,4	20,0	25,5	26,4	26,0	22,3	15,3	12,1	7,4	16,2
1973	6,9	8,6	8,2	13,3	20,7	23,8	26,8	24,4	22,5	17,8	11,4	9,5	16,2
1974	5,3	8,2	9,7	12,9	17,6	22,8	26,6	26,3	22,3	19,9	12,2	7,8	16,0
1975	6,8	5,8	11,9	15,1	19,7	24,3	26,6	24,4	23,6	18,7	12,0	7,9	16,4
1976	8,0	6,7	8,9	13,6	18,8	23,3	25,3	23,4	20,9	17,8	13,9	10,4	15,9
1977	8,8	12,2	12,3	15,5	19,9	23,9	27,5	26,5	20,9	15,8	14,3	7,7	17,1
1978	6,9	9,3	11,7	12,8	18,3	25,0	26,3	24,4	20,0	16,2	11,2	9,8	16,0
1979	9,3	9,5	12,6	13,9	19,0	25,7	26,5	24,8	22,0	17,0	13,3	9,6	16,9
1980	7,3	7,5	10,0	12,6	17,2	23,5	27,5	25,8	21,5	18,5	14,8	9,0	16,3
1981	5,6	7,8	13,0	13,9	19,1	25,9	27,7	26,9	23,3	21,8	11,7	12,2	17,4
1982	9,2	7,3	9,9	14,0	18,0	23,8	26,3	25,7	23,6	19,4	12,9	9,8	16,7
1983	6,8	6,4	10,2	16,1	20,8	22,5	24,6	24,4	22,1	16,8	13,0	11,1	16,2
1984	10,0	9,8	10,6	13,0	19,2	20,9	24,8	23,8	22,0	18,6	13,0	8,7	16,2
1985	8,0	6,4	9,1	16,2	20,7	24,7	25,9	26,8	22,7	15,9	15,1	11,1	16,9
1986	8,9	9,8	11,6	16,9	20,1	25,7	27,2	28,4	24,2	17,6	11,8	8,1	17,5
1987	9,1	8,7	7,2	14,6	19,8	25,6	28,6	26,5	24,4	17,5	13,7	10,5	17,2
1988	10,1	9,0	11,3	15,1	21,3	26,2	29,1	27,8	23,8	17,4	10,3	9,0	17,5
1989	6,8	9,4	12,8	17,8	19,2	25,2	27,0	27,6	23,6	16,8	13,6		18,2
1990	7,5	10,0	14,0	16,6	20,8	26,4	29,9	27,7	25,5	19,9	15,7	10,6	18,7
1991	7,5	8,8	12,1	13,4	17,6	25,5	27,1	27,8	22,5	19,4	12,6	5,1	16,6
1992	7,1	6,3	10,3	16,0	17,2	24,8	26,0	27,7	23,3	21,8	15,7	7,3	17,0
1993	7,9	6,5	9,5	14,7	18,6	24,5	26,7	28,0	23,1	19,7	12,4	10,7	16,9
1994	9,3	6,8	11,3	14,6	19,8	23,2	27,0	29,3	29,1	21,4	13,1	9,4	17,9
1995	8,9	11,0	12,1	12,7	21,1	29,6	29,1	28,5	25,6	16,5	11,9	10,4	18,1
1996	8,3	9,0	9,3	16,1	22,0	27,3	29,4		23,5	16,6	14,9	11,8	17,1
1997	5,8	6,5	8,0	9,9	18,3	24,0	24,2	21,7	18,9	15,3	12,4	8,6	14,5
1998	7,0	8,4	7,4	12,9	17,4	22,8	25,7	23,9	18,6	16,4	12,6	7,3	15,0
1999	8,1	7,8	9,8		15,7	24,8	26,9	26,0	20,5	17,2	13,5	10,9	16,5
2000	4,7	7,6	8,1			22,0	28,5	25,7	20,2	15,3	14,6	9,1	15,6
2001	8,7	7,3	13,1	10,3	19,9	23,9	25,6	25,1	20,7	16,6	11,3	4,7	15,6
2002	6,3	9,6	12,7	10,5	16,4	21,9	26,2	23,7	18,8	18,2	13,0	8,5	15,5
2003	7,9	4,0	6,0	9,6	15,2	21,9	25,8	25,4	19,0	15,2	13,0	7,4	14,2
2004	5,8	9,5	10,5	10,3	11,8	19,5	24,0			13,2	9,4	8,0	12,2
2005	6,4	6,4	9,3	12,2	12,8	20,5	25,5	23,3	18,5	12,5	9,3	9,2	13,8
2006													
2007	9,7	8,7	12,1	15,0	15,8	23,8	28,6	27,9	25,3	17,2	12,2	8,2	17,0
2008	7,6	7,1	11,4	15,8	17,9	23,0	25,0	23,5	19,7	18,5	15,6	10,7	16,3
2009	9,4	9,7	10,1	11,8	19,5	26,7	28,4	28,4	25,1	19,9	16,7	14,2	18,3
Μέση Τιμή	7,7	8,1	10,5	13,8	18,6	24,2	26,7	25,9	22,3	17,5	13,0	9,2	16,5
Μέγιστη Τιμή	10,1	12,2	14,0	17,8	22,0	29,6	29,9	29,3	19,1	21,8	16,7	14,2	
Ελάχιστη Τιμή	4,7	4,0	6,0	9,6	11,8	19,5	24,0	21,7	18,5	12,5	9,3	4,7	

**Πίνακας 3:** Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Θερμοκρασίας για τον σταθμό Σπάτα.

Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Θερμοκρασίας - Ε.Μ.Υ.													
Όνομα Σταθμού							Περίοδος						
Σπάτα							1/1/1974 έως 31/12/2004						
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Μέση Ετήσια
1974	7,3	9,5	11,2	13,4	18,6	24,0	26,7	26,6	22,9	20,3	13,7	10,1	17,0
1975	8,7	7,3	12,8	15,5	20,0	23,8	26,5	24,9	23,8	16,5	12,1	9,2	16,8
1976	9,5	7,6	10,0	14,8	18,2	22,1	24,9	22,4	22,0	18,3	14,8	13,6	16,5
1977	10,0	13,1	12,9	17,8	22,9	25,5	28,1	26,8	19,8		16,3	5,4	18,0
1978	6,7	10,4	12,6	15,5	18,8								12,8
1979							25,7	25,5	22,8	17,5	13,7	11,2	19,4
1980	7,2	7,0	10,3	13,1	17,6	23,5	26,9	25,8	21,4	18,9	15,8	10,8	16,5
1981	6,3	8,7	12,5	15,1	18,2	25,4	25,5	25,6	23,0	20,7			18,1
1982	9,6	8,1	11,6	14,1	19,2	27,2	28,6	28,0	24,2	19,6	14,9	12,1	18,1
1983	10,4	9,8							22,9	18,2	12,2	12,4	14,3
1984	10,5	9,8	10,7	13,4	20,3	24,6	25,6	23,9	23,4	18,0			18,0
1985													
1986									24,1				24,1
1987			9,1			25,2	26,7						20,4
1988								27,1	22,9	16,9	10,1	8,6	17,1
1989	6,7	8,8	11,8	16,8	18,6	23,8	26,5	27,1	22,3	16,2	12,3	9,0	16,6
1990	6,7	9,3	12,3	16,1	20,1	25,1	27,9	26,2	22,8	18,3	15,4	10,4	17,5
1991	7,3	8,5	11,3	13,5	17,4	24,8	26,7	26,1	22,0	18,3	13,0	6,1	16,3
1992	6,6	6,0	9,8	14,5	17,9	24,2	25,8	27,4	21,8	20,1	13,3	8,2	16,3
1993	7,1	6,1	10,2	14,5	19,5	25,5	27,2	27,0	22,8	19,1	12,4	11,3	16,9
1994	10,0	8,8	11,2	15,7	20,9	24,8	27,3	27,9	24,7	19,7	12,0	8,4	17,6
1995	9,0	10,5	10,9	13,2	19,7	26,2	27,6	26,2	23,6	16,3	10,8	11,0	17,1
1996	8,2	8,9	8,3	13,2	21,8	25,7	27,5	26,4	22,7	16,1	14,0	11,3	17,0
1997	9,6	8,8	10,2	11,5	20,9	25,7	28,0	25,5	21,0	16,9	13,7	10,0	16,8
1998	8,1	10,0	8,4	15,9	19,2	25,5	29,0	28,1	23,1	19,0	14,2	9,0	17,5
1999	9,2	9,1	11,5	16,3	21,3	26,7	28,1	28,2	23,3	20,1	13,7	12,0	18,3
2000	6,4	9,0	11,3	16,4	21,0	26,6	29,4	27,5	23,2	17,3	18,0		18,7
2001			16,8	15,7	20,3	25,2	28,8	28,3	24,8	19,9	13,6	7,7	20,1
2002	7,7	11,6	12,4	14,4	19,8	25,8	28,5	27,2	22,5	18,8	15,0	9,8	17,8
2003	11,2	5,3	8,9	12,9	21,4	26,4	27,9	28,2	22,5	19,9	14,5	10,0	17,4
2004													
Μέση Τιμή	8,3	8,8	11,2	14,7	19,7	25,1	27,2	26,5	22,8	18,4	13,7	9,9	17,2
Μέγιστη Τιμή	11,2	13,1	16,8	17,8	22,9	27,2	29,4	28,3	24,8	20,7	18,0	13,6	
Ελάχιστη Τιμή	6,3	5,3	8,3	11,5	17,4	22,1	24,9	22,4	19,8	16,1	10,1	5,4	

**Πίνακας 4:** Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Βροχόπτωσης για τον σταθμό Ελληνικό.

<b>Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Βροχόπτωσης - Ε.Μ.Υ.</b>													
<b>Όνομα Σταθμού</b>								<b>Περίοδος</b>					
<b>Ελληνικό</b>								<b>1/1/1955 έως 31/12/2004</b>					
	<b>Ιαν.</b>	<b>Φεβ.</b>	<b>Μαρ.</b>	<b>Απρ.</b>	<b>Μάϊος</b>	<b>Ιουν.</b>	<b>Ιουλ.</b>	<b>Αυγ.</b>	<b>Σεπ.</b>	<b>Οκτ.</b>	<b>Νοεμ.</b>	<b>Δεκ.</b>	<b>Ετήσια</b>
<b>1955</b>	67,1	32,6	17,6	34,5	0,3	0,0	2,3	16,7	54,3	230,6	85,8	5,2	<b>547,0</b>
<b>1956</b>	18,2	53,7	60,3	11,8	20,3	2,7	0,0	0,0	1,4	7,1	69,1	36,7	<b>281,3</b>
<b>1957</b>	37,5	0,0		18,5	16,4	4,0	0,0	0,0	3,7	128,3	44,7	39,6	<b>292,7</b>
<b>1958</b>	114,2	7,4	30,3	22,0	17,9	3,1	0,0	0,0	20,3	29,9	100,3	4,6	<b>350,0</b>
<b>1959</b>	30,9	0,7	30,8	27,7	11,8	0,1	18,5	0,3	5,1	30,5	20,7	36,9	<b>214,0</b>
<b>1960</b>	52,6	10,7	22,0	25,0	7,0	10,1	0,0	14,4	6,0	10,8	64,5	131,1	<b>354,2</b>
<b>1961</b>	50,2	21,0	74,9	3,8	1,4	2,5	0,0	0,0	0,0	8,4	50,0	41,3	<b>253,5</b>
<b>1962</b>	35,2	44,9	11,0	18,8	8,0	1,0	0,7	0,0	69,3	49,8	68,9	143,1	<b>450,7</b>
<b>1963</b>	26,2	15,7	21,6	15,0	71,0	0,3	11,7	0,0	0,0	100,2	57,9	46,5	<b>366,1</b>
<b>1964</b>	89,2	34,9	14,8	17,9	1,9	14,0	0,0	1,8	5,6	19,4	15,6	40,9	<b>256,0</b>
<b>1965</b>	63,6	124,5	68,7	19,0	4,8	7,8	0,0	2,1	0,0	1,4	20,2	27,6	<b>339,7</b>
<b>1966</b>	53,1	14,5	57,7	17,4	30,8	2,5	0,0	2,2	24,9	60,8	43,3	76,7	<b>383,9</b>
<b>1967</b>	46,7	48,2	12,7	18,1	23,2	14,0	1,4	0,0	14,7	130,2	64,1	54,3	<b>427,6</b>
<b>1968</b>	92,0	42,2	28,4	9,3	7,3	15,1	0,0	4,6	0,3	71,2	106,5	136,7	<b>513,6</b>
<b>1969</b>	42,0	7,9	53,9	9,6	2,4	0,1	0,0	0,0	0,7	0,0	19,8	145,1	<b>281,5</b>
<b>1970</b>	29,4	51,5	21,1	0,9	25,9	4,5	0,0	0,0	29,4	49,1	16,7	70,8	<b>299,3</b>
<b>1971</b>	89,2	81,7	71,0	12,4	0,6	0,0	2,0	2,6	10,0	10,7	20,4	91,4	<b>392,0</b>
<b>1972</b>	83,1	64,0	18,2	57,4	17,9	0,0	51,7	73,0	2,0	151,8	5,9	11,2	<b>536,2</b>
<b>1973</b>	65,3	61,7	87,3	12,3	1,5	0,6	4,2	0,7	2,2	23,6	35,3	44,2	<b>338,9</b>
<b>1974</b>	24,9	79,2	59,9	8,5	18,1	12,0	0,0	2,9	23,6	18,0	64,0	24,4	<b>335,5</b>
<b>1975</b>	23,6	26,8	35,6	19,5	23,3	7,6	1,2	35,3	0,0	16,5	43,3	148,1	<b>380,8</b>
<b>1976</b>	41,3	109,5	39,4	21,5	12,7	1,9	0,1	45,2	12,3	123,9	67,0	23,9	<b>498,7</b>
<b>1977</b>	8,9	10,8	12,3	19,4	2,1	14,4	0,0	0,0	11,4	6,6	99,0	129,4	<b>314,3</b>
<b>1978</b>	54,9	65,4	20,5	37,7	15,2	4,9	0,0	1,0	69,4	100,9	51,7	73,9	<b>495,5</b>

<b>1979</b>	20,3	41,5	11,1	1,6	21,4	0,0	5,0	8,2	0,2	90,0	90,2		<b>289,5</b>
<b>1980</b>	32,2	11,0	89,9	26,1	8,2	14,1	0,0	7,9	0,3	93,6	42,0	79,2	<b>404,5</b>
<b>1981</b>	91,2	33,4	10,5	26,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	30,6	64,4	<b>282,9</b>
<b>1982</b>													<b>0,0</b>
<b>1983</b>	2,4	95,2	68,7	4,6	46,4	0,4	45,9	0,0	1,7	43,1	105,1	69,2	<b>482,7</b>
<b>1984</b>	43,7	45,7	76,5	112,7	0,4	0,3	25,3	6,7	0,0	0,5	22,9	61,1	<b>395,8</b>
<b>1985</b>	104,3	23,0	88,9	29,5	4,5	0,0	18,2	0,0	0,7	24,5	33,0	37,6	<b>364,2</b>
<b>1986</b>	39,3	44,9	31,2	13,1		37,1	0,0	0,0	0,0	56,6	29,9	28,3	<b>280,4</b>
<b>1987</b>	19,5	35,7	84,7	112,3	0,7	13,7	0,1	9,6	0,0	42,1	94,5	29,5	<b>442,4</b>
<b>1988</b>	50,2	129,3	78,6	14,5	9,9	2,4	0,0	0,0	4,0	2,3	101,4	116,3	<b>508,9</b>
<b>1989</b>	3,0	2,6	25,0	8,6	12,5	2,5	0,0	0,3	2,1	73,1	11,5	17,4	<b>158,6</b>
<b>1990</b>	7,8	9,8	0,7	21,9	0,0	4,2	0,0	16,1	5,0	18,1	41,0	79,9	<b>204,5</b>
<b>1991</b>	60,0	56,5	37,5	68,9	31,6	0,0	2,8	3,2	0,0	32,8	15,2	111,0	<b>419,5</b>
<b>1992</b>	3,2	18,0	69,0	17,4	40,9	20,5	0,4	0,0	0,0	6,0	51,4	27,1	<b>253,9</b>
<b>1993</b>	10,6	47,5	4,6	46,9	16,9	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	203,2	18,2	<b>354,0</b>
<b>1994</b>	126,0	33,2	19,7	21,4	48,9	10,6	11,8	0,0	0,0	68,9	35,4	104,9	<b>480,8</b>
<b>1995</b>	84,6	5,2	35,1	6,1	5,9	0,6	19,0	1,4	4,2	9,2	73,0	54,3	<b>298,6</b>
<b>1996</b>	44,3	56,2	30,8	7,1	1,9	0,0	0,0	21,9	29,9	34,2	19,1	84,3	<b>329,7</b>
<b>1997</b>	74,1	4,7	7,8	66,1	3,9	2,9	0,0	1,9	0,2	34,5	75,5	115,0	<b>386,6</b>
<b>1998</b>	16,5	25,4	205,3	10,5	11,4	0,0	0,0	0,0		31,2	163,5	19,6	<b>483,4</b>
<b>1999</b>	26,8	13,6	155,8	9,2	0,7	0,0	60,7	0,0	8,5	30,0	24,4	44,6	<b>374,3</b>
<b>2000</b>	7,9	9,0	7,3	12,1	2,7	12,3	0,0	0,0	4,8	6,2	93,1		<b>155,4</b>
<b>2001</b>	33,9		5,5	46,5	0,1	1,2	11,7	0,0	2,4	0,0	159,0	72,6	<b>332,9</b>
<b>2002</b>	33,2	9,9	47,0	37,9	0,0	0,0	7,7	22,7	61,9	41,1	119,3	166,9	<b>547,6</b>
<b>2003</b>	52,9	69,2	28,7	41,4	12,2	0,0	0,0	1,3	4,0	23,8	65,4	77,3	<b>376,2</b>
<b>2004</b>	144,6	22,9	6,3	18,8	6,8	0,4	9,0	0,0	0,0	40,3	43,1	76,0	<b>368,2</b>
<b>Μέση Τιμή</b>	<b>48,4</b>	<b>38,6</b>	<b>43,7</b>	<b>25,3</b>	<b>13,2</b>	<b>5,2</b>	<b>6,4</b>	<b>6,2</b>	<b>10,3</b>	<b>45,0</b>	<b>60,8</b>	<b>66,8</b>	<b>369,8</b>
<b>Μέγιστη Τιμή</b>	144,6	129,3	205,3	112,7	71,0	37,1	60,7	73,0	69,4	230,6	203,2	166,9	
<b>Ελάχιστη Τιμή</b>	2,4	0,0	0,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	4,6	

**Πίνακας 5:** Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Βροχόπτωσης για τον σταθμό Μαρκόπουλο.

<b>Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Βροχόπτωσης - Υ.Π.Ε.ΧΩ.ΔΕ.</b>													
<b>Όνομα Σταθμού</b>								<b>Περίοδος</b>					
<b>Μαρκόπουλο</b>								<b>1/1/1971 έως 31/12/2009</b>					
	<b>Ιαν.</b>	<b>Φεβ.</b>	<b>Μαρ.</b>	<b>Απρ.</b>	<b>Μάιος</b>	<b>Ιουν.</b>	<b>Ιουλ.</b>	<b>Αυγ.</b>	<b>Σεπ.</b>	<b>Οκτ.</b>	<b>Νοεμ.</b>	<b>Δεκ.</b>	<b>Ετήσια</b>
<b>1971</b>	100,1	94,6	55,3	20,1	0,7	20,3	10,4	0,2	8,1	5,5	34,3	103,4	<b>453,0</b>
<b>1972</b>	159,9	72,6	13,8	85,1	19,8	0,0	14,3	14,5	1,3	134,3	7,6	16,1	<b>539,3</b>
<b>1973</b>	127,7	97,8	70,4	7,6	3,5	0,1	1,9	8,4	17,4	47,3	52,8	34,9	<b>469,8</b>
<b>1974</b>	26,8	164,4	76,8	6,2	23,2	3,0	0,0	2,0	2,5	9,9	52,8	34,9	<b>402,5</b>
<b>1975</b>	32,3	49,4	37,3	10,8	42,5	25,9	0,0	21,3	0,0	18,4	43,9	186,3	<b>468,1</b>
<b>1976</b>	44,7	130,2	42,1	29,1	13,6	3,3	0,0	14,6	31,4	156,8	57,0	57,8	<b>580,6</b>
<b>1977</b>	14,8	41,4	12,5	26,6	0,0	10,8	0,0	0,0	16,2	13,0	75,1	212,2	<b>422,6</b>
<b>1978</b>	56,6	84,5	50,3	55,9	9,1	2,2	0,0	0,0	71,5	146,7	84,3	72,0	<b>633,1</b>
<b>1979</b>	18,1	54,4	7,5	2,3	8,4	17,1	1,5	0,0	4,5	97,5	200,2	20,8	<b>415,2</b>
<b>1980</b>	67,6	24,6	80,0	31,9	25,4	27,5	0,0	0,0	6,4	116,4	64,7	107,7	<b>552,2</b>
<b>1981</b>	178,6	45,2	15,4	28,5	2,2	0,0	0,7	0,0	0,0	28,3	78,3	104,5	<b>481,7</b>
<b>1982</b>	34,1	115,8	112,2	83,3	39,1	0,3	0,5	0,0	0,0	16,8	70,9	71,9	<b>544,9</b>
<b>1983</b>	9,8	113,5	69,9	0,5	2,2	0,9	5,2	15,2	0,7	0,4	63,6	112,9	<b>394,8</b>
<b>1984</b>	48,1	51,6	95,1	131,9	0,0	0,0	0,5	3,3	0,0	0,0	38,2		<b>368,7</b>
<b>1985</b>	141,6	38,5	102,6	29,6	3,2	0,0	17,6	0,0	0,0	30,2	57,9	63,2	<b>484,4</b>
<b>1986</b>	67,3	39,6	23,0	3,2	12,6	8,4	0,0	0,0	0,0	19,5	21,3	24,1	<b>219,0</b>
<b>1987</b>	46,8	33,0	51,7	93,6	0,5	17,5	0,0	0,0	0,0	35,1	64,6	65,0	<b>407,8</b>
<b>1988</b>	15,6	111,8	118,2	8,4	3,0	12,5	0,0	0,0	2,5	3,1	86,8	141,6	<b>503,5</b>
<b>1989</b>	5,3	4,8	43,9	1,2	3,4	0,5	0,0	0,0	5,5	14,3	14,6	32,9	<b>126,4</b>
<b>1990</b>	18,0	30,6	0,0	18,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0	11,7	34,0	16,8	<b>130,0</b>
<b>1991</b>	43,1	113,8	83,7	80,3	31,5	0,0	0,6	0,0	0,0	38,8	35,7	196,1	<b>623,6</b>
<b>1992</b>	11,3	47,7	61,2	14,4	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	31,6	67,4	<b>269,0</b>
<b>1993</b>	24,6	104,5	13,5	41,7	26,5	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	217,5	19,0	<b>452,8</b>
<b>1994</b>	100,2	45,1	33,0	16,5	22,9	35,8	10,2	0,0	0,0	90,4	41,6	150,7	<b>546,4</b>
<b>1995</b>	129,9	6,1	51,9	28,6	3,5	0,0	0,5	12,0	3,7	15,1	45,6	77,6	<b>374,5</b>
<b>1996</b>	142,0	97,9	21,2	19,2	3,2	0,0	0,0	0,0	52,2	34,1	35,4	103,0	<b>508,2</b>
<b>1997</b>	153,8	16,1	33,0	31,8	2,4	3,3	0,0	18,0	0,0	48,8	101,6	157,3	<b>566,1</b>
<b>1998</b>	25,7	20,9	231,7	16,2	13,1	2,2	0,0	0,0	6,4	42,7	216,8	36,5	<b>612,2</b>
<b>1999</b>	35,1	11,0	116,2		2,2	0,0	32,5	0,0	57,3	18,2	32,4	42,0	<b>346,9</b>
<b>2000</b>	7,4	16,8	9,7	30,5	4,0	6,2	0,0	0,0	0,0	14,1	114,0	68,2	<b>270,9</b>
<b>2001</b>	23,1	34,7	23,1	34,8	0,0	0,2	17,2	0,1	0,6	0,0	169,5	143,7	<b>447,0</b>
<b>2002</b>	53,1	13,8	70,5	58,2	2,2	0,0	1,0	53,1	80,0	13,1	131,6	208,4	<b>685,0</b>
<b>2003</b>	111,1	150,6	77,6	15,2	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	43,8	77,0	111,1	<b>598,6</b>
<b>2004</b>	227,0	0,0	5,6	17,7	25,8	0,4	1,2			35,8	51,7	115,2	<b>480,4</b>
<b>2005</b>	137,8	108,8	16,4	0,5	1,0	0,9	14,2	16,2	39,2	1,2	240,6	21,8	<b>598,6</b>
<b>2006</b>													<b>0,0</b>
<b>2007</b>	0,0	31,4	80,2	0,0	60,7	0,0	0,0	0,0	0,0	81,5	80,4	35,7	<b>369,9</b>
<b>2008</b>	20,7	9,6	63,0	81,0	3,2	0,0	0,0	0,0	10,2	8,2	82,6	116,7	<b>395,2</b>
<b>2009</b>	93,6	43,4	64,0	47,7	0,0	0,0	1,5	0,0	32,5	101,8	30,3	106,8	<b>521,6</b>
<b>Μέση Τιμή</b>	<b>67,2</b>	<b>59,8</b>	<b>56,1</b>	<b>32,7</b>	<b>12,0</b>	<b>5,1</b>	<b>3,5</b>	<b>4,8</b>	<b>12,2</b>	<b>39,4</b>	<b>77,3</b>	<b>88,0</b>	<b>458,1</b>
<b>Μέγιστη Τιμή</b>	227,0	164,4	231,7	131,9	60,7	35,8	32,5	53,1	80,0	156,8	240,6	212,2	
<b>Ελάχιστη Τιμή</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	16,1	

**Πίνακας 6:** Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Βροχόπτωσης για τον σταθμό Σπάτα

Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Βροχόπτωσης - Ε.Μ.Υ.													
Όνομα Σταθμού								Περίοδος					
Σπάτα								1/1/1982έως 31/12/2004					
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάϊος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσια
1982	8,9	26,6	11,4	4,4	26,4	0,00	0,0	0,00	0,00	15,00	127,6	32,3	252,6
1983	3,00									0,00	34,5		
1984	19,9	29,1	44,6	43,2	0,00	0,00	4,5	5,6	0,00				
1985													
1986													
1987						10,6							
1988								0,00	4,00	4,1	79,1	106,1	
1989	6,9	3,9	42,9	0,8	5,1	6,8	0,0	0,1	4,9	120,4	12,6	28,3	232,7
1990	4,2	28,7	0,00	17,00	0,2	0,3	0,0	7,8	1,00	26,6	38,2	99,2	223,2
1991	36,5	86,7	83,1	78,00	50,3	0,00	6,8	0,4	0,2	33,5	32,00	139,5	547,0
1992	31,4	47,1	47,2	14,9	26,3	6,00	0,0	0,00	0,00	9,8	33,3	64,7	280,7
1993	17,7	79,7	7,3	28,7	27,00	1,5	0,0	0,00	0,00	0,00	183,5	30,7	376,1
1994	125,9	43,7	39,9	16,8	36,00	11,5	13,9				44,9		
1995									2,00				
1996			25,8	11,1	3,5	0,00	0,0			20,7	35,00		
1997		10,4						9,3			68,5		
1998											152,1	38,7	
1999	29,5	12,4	110,6	17,5	17,8	0,00	19,6	0,00					
2000													
2001				39,6	1,4	0,00	9,4	2,00	0,00	0,00	179,00	108,6	
2002	51,2	15,00	70,4	23,6	16,4	0,00	2,4		69,2	50,00	90,4	231,8	620,4
2003	114,6	125,2	55,6	46,6	37,4	0,00	0,0	0,4	6,4	31,00	43,4	105,00	565,6
2004	177,4	16,6	13,8	20,00	12,4	0,2	3,0	0,00	0,6	30,8	41,4	117,00	433,2
<b>Μέση Τιμή</b>	<b>48,2</b>	<b>40,4</b>	<b>42,5</b>	<b>25,9</b>	<b>18,6</b>	<b>2,5</b>	<b>4,3</b>	<b>2,0</b>	<b>6,8</b>	<b>26,3</b>	<b>74,7</b>	<b>91,8</b>	<b>383,9</b>
<b>Μέγιστη Τιμή</b>	177,4	125,2	110,6	78,00	50,3	11,5	19,6	9,3	69,2	120,4	183,5	231,80	
<b>Ελάχιστη Τιμή</b>	3,00	3,9	0,00	0,8	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	12,6	28,3	

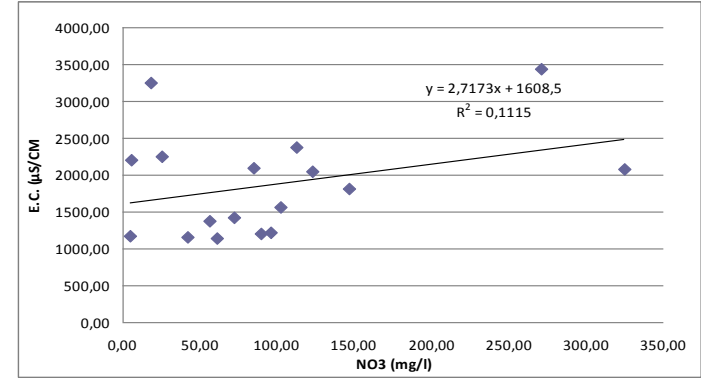
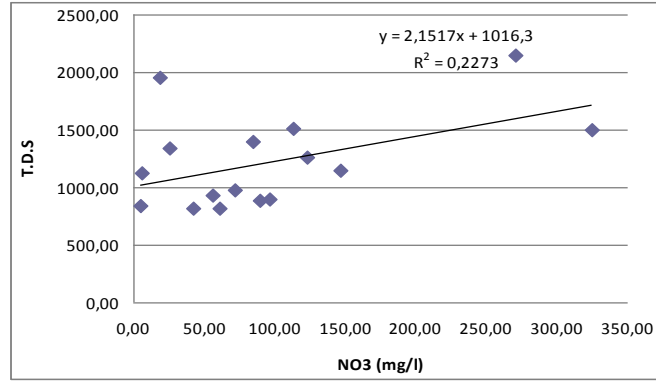
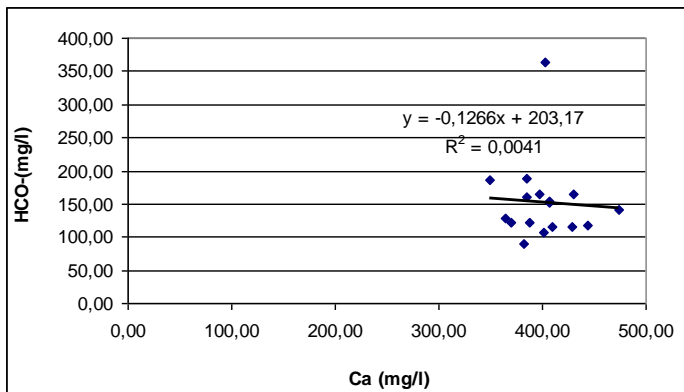
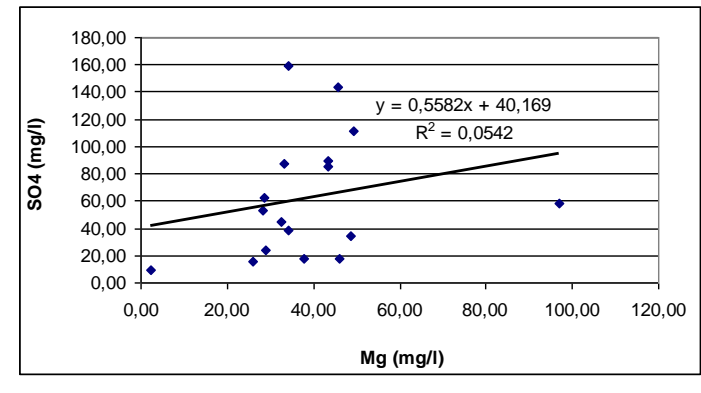
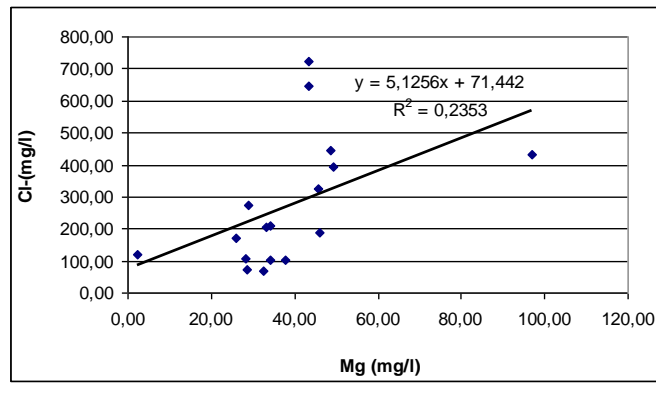
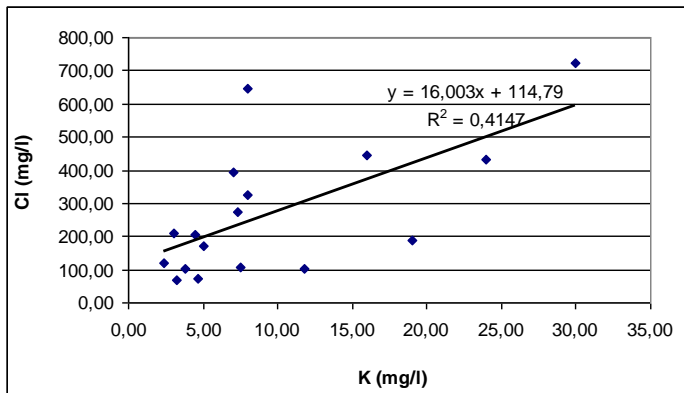
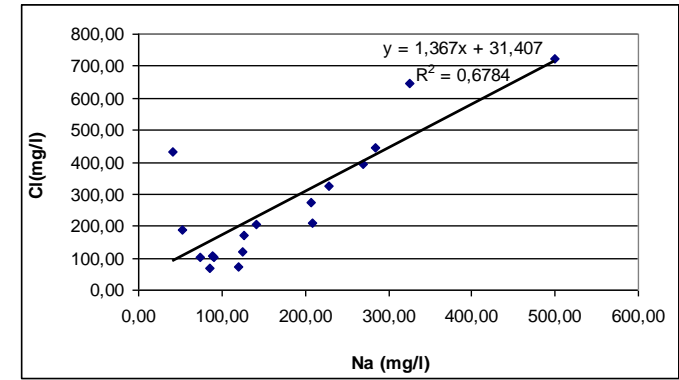
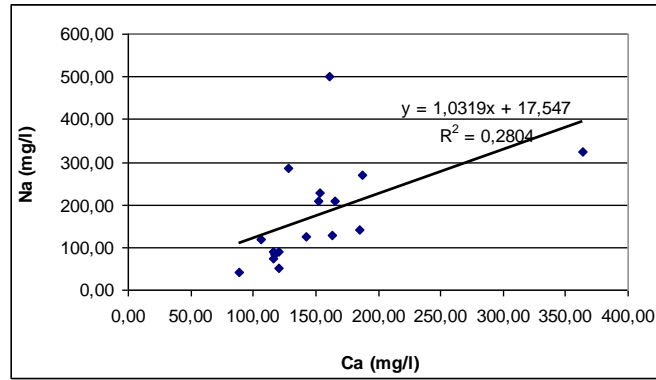
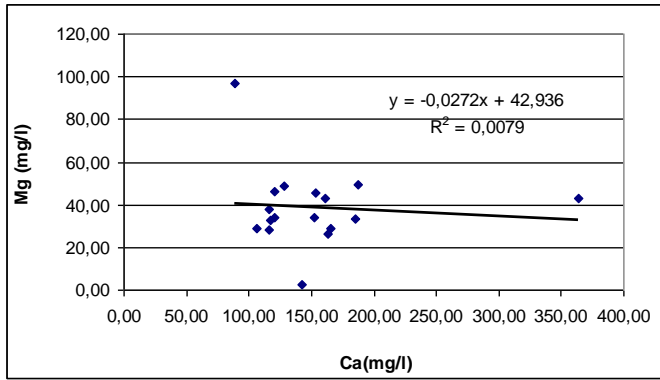
## **Κεφάλαιο 2: Υδροχημικές αναλύσεις**

**Πίνακας 1** :Ολική , παροδική & μόνιμη σκληρότητα Ιουλίου- Νοεμβρίου 2012.

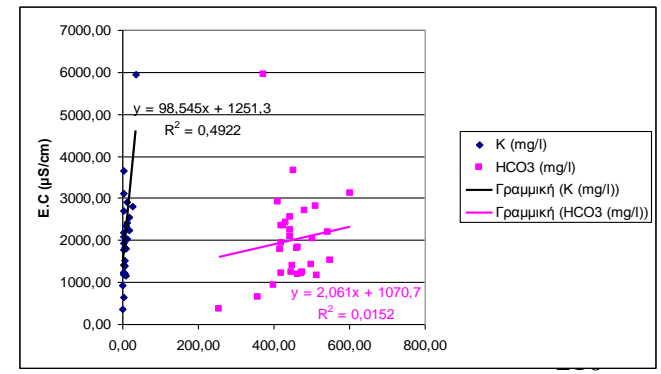
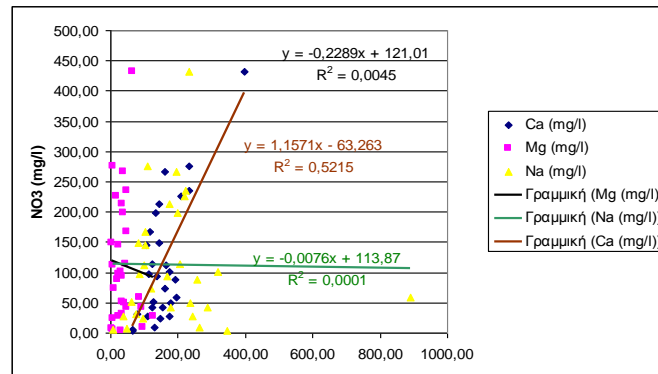
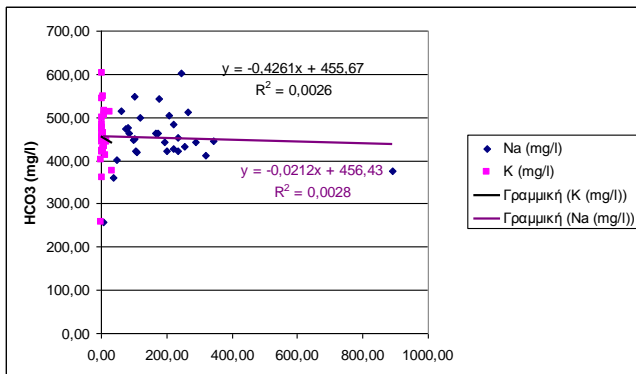
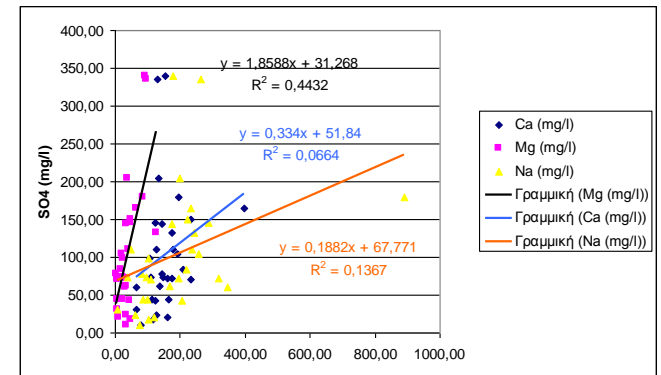
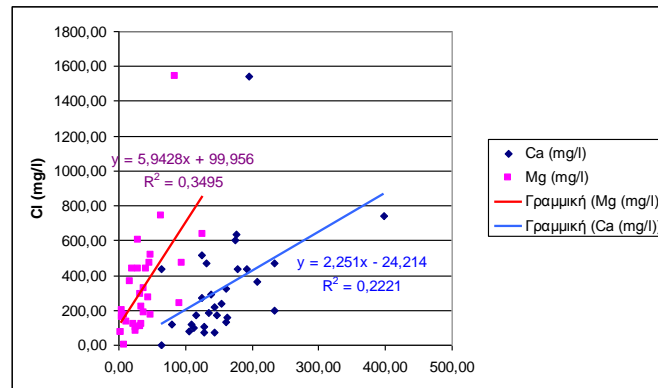
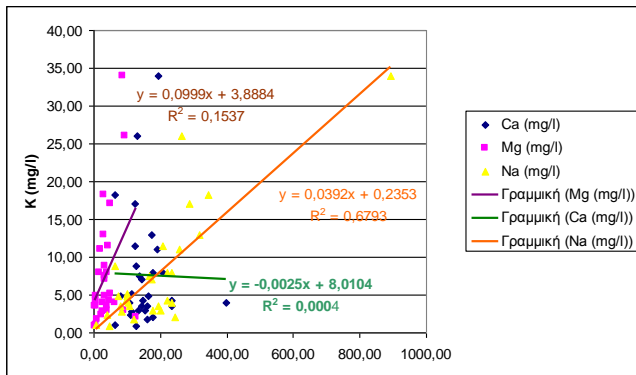
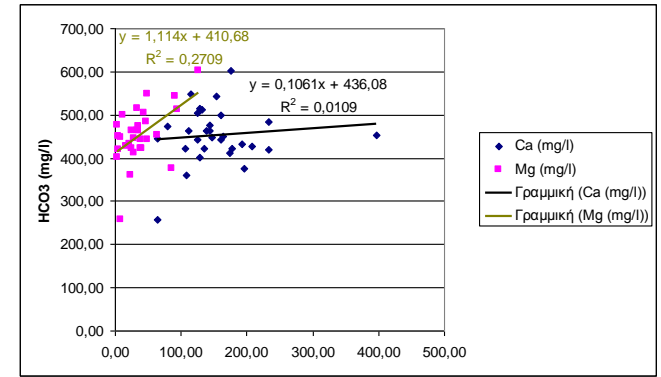
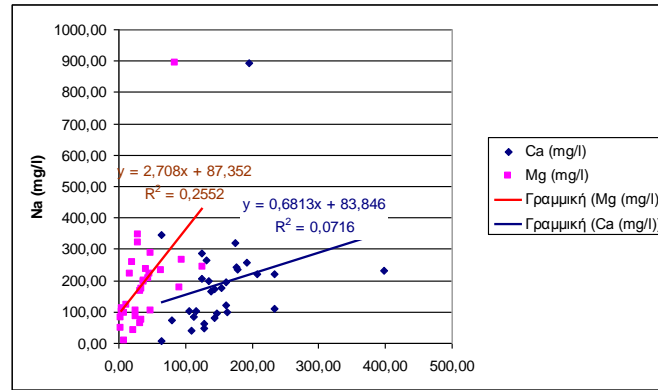
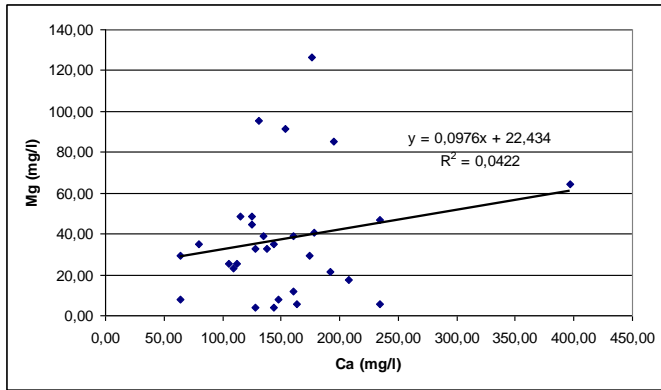
	Κωδικός	Ολική σκληρότητα mg/l CaCO <sub>3</sub>		Μόνιμη mg/l		Παροδική mg/l	
		Ιούλιος	Νοέμβριος	Ιούλιος	Νοέμβριος	Ιούλιος	Νοέμβριος
<b>Γεωτρήσεις</b>	<b>G1</b>	491,18	488,09	318,20	450,28	172,98	37,81
	<b>G2</b>	519,18	512,06	299,19	363,26	219,99	148,80
	<b>G3</b>	516,14	431,96	326,20	370,23	189,94	61,73
	<b>G4</b>	621,50	279,92	313,19	279,92	308,31	0,00
	<b>G5</b>	406,11	343,17	352,22	343,17	53,89	0,00
	<b>G6</b>	443,12	384,14	303,19	380,24	139,93	3,90
	<b>G7</b>	672,20	776,45	315,19	396,23	357,01	380,22
	<b>G8</b>	600,20	608,02	286,18	343,25	314,02	264,77
	<b>G9</b>	532,16	592,02	353,22	350,22	178,94	241,80
	<b>G10</b>	571,16	560,27	334,21	363,28	236,95	196,99
	<b>G11</b>	581,16	400,23	315,19	367,19	265,97	33,04
	<b>G12</b>		600,06		345,21		254,85
	<b>G13</b>		556,12		338,24		217,88
	<b>G14</b>		840,08		307,16		532,92
	<b>G15</b>		568,12		355,22		212,90
	<b>G16</b>		720,61		419,28		301,33
	<b>G17</b>		480,04		379,25		100,79
	<b>G18</b>		504,26		380,24		124,02
<b>Πηγάδια</b>	<b>P1</b>	446,14	456,06	336,21	422,23	109,93	33,83
	<b>P2</b>	1087,30	1256,59	330,20	371,21	757,10	885,38
	<b>P3</b>	365,00	448,26	365,06	409,27	-0,06	38,99
	<b>P4</b>	384,11	368,16	329,20	345,21	54,91	22,95
	<b>P5</b>	426,13	376,18	364,55	376,18	61,58	0,00
	<b>P6</b>	521,14	496,34	334,21	345,21	186,93	151,13
	<b>P7</b>		960,56		494,32		466,24
	<b>P8</b>		192,20		192,20		0,00
	<b>P9</b>		496,00		413,29		82,71
	<b>P10</b>		760,49		445,28		315,21
	<b>P11</b>		367,92		295,18		72,74
	<b>P12</b>		336,22		329,22		7,00

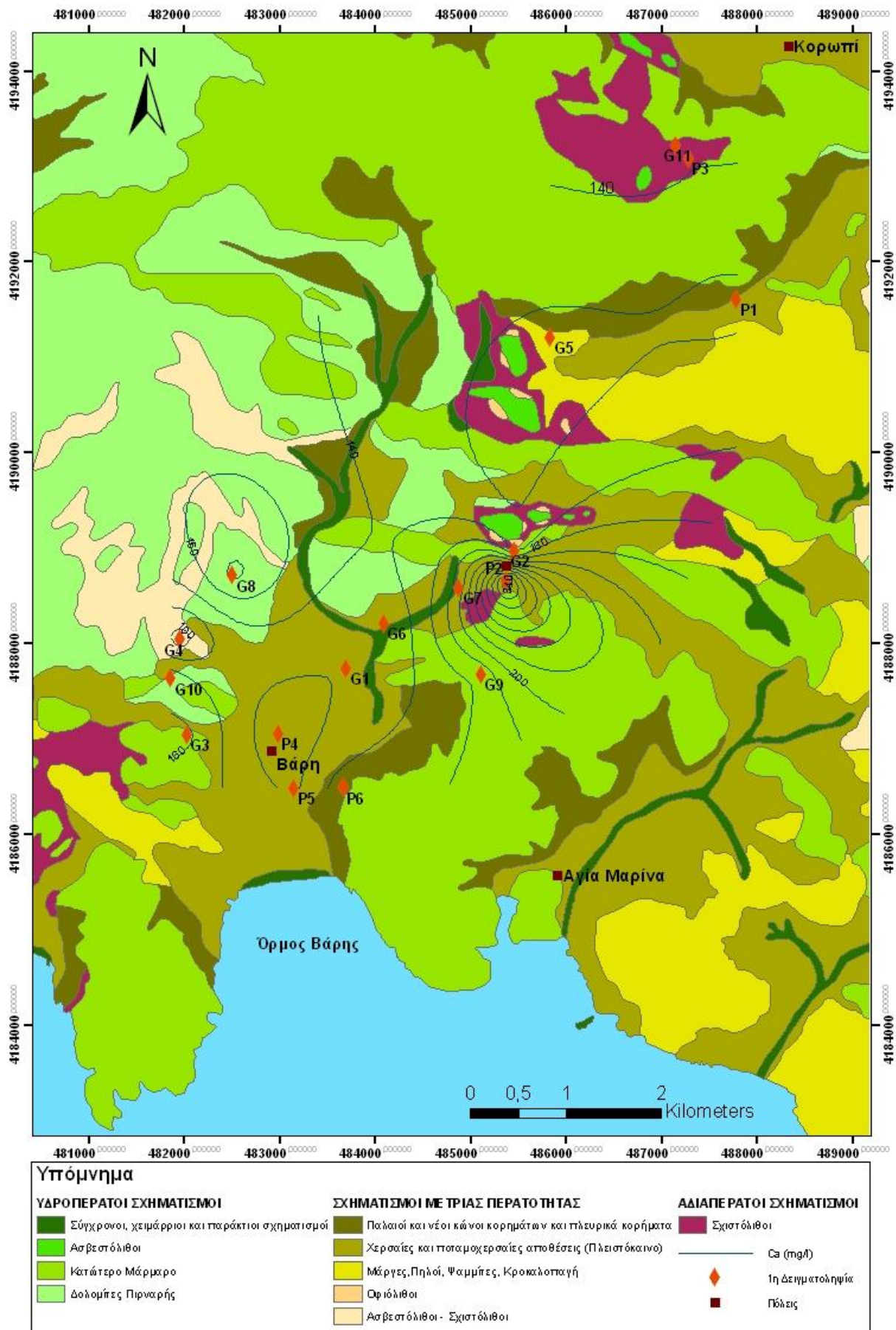


**Εικόνα 1:** Διαγράμματα συσχέτισης κατά την περίοδο του Ιουλίου 2012.

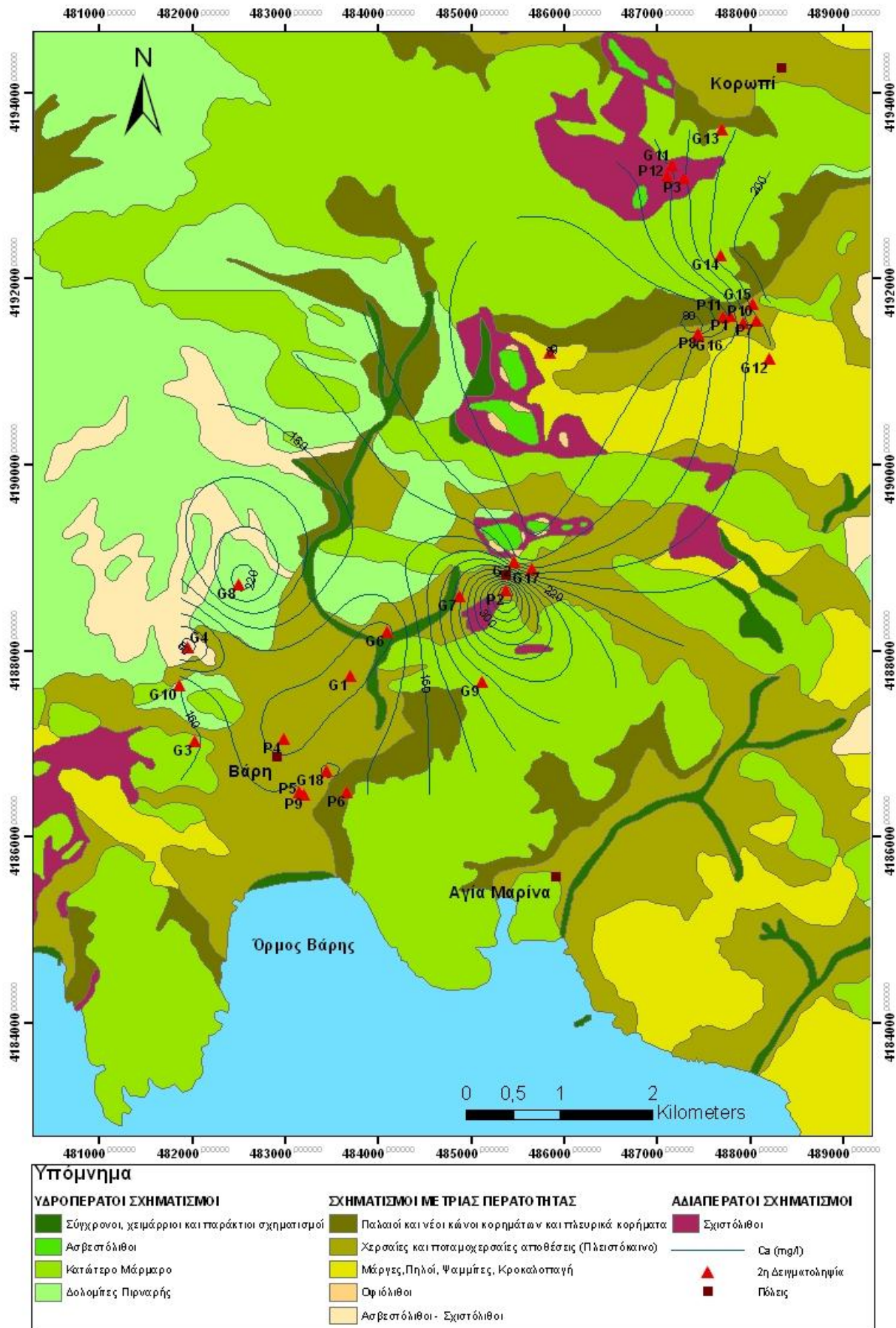


**Εικόνα 2:** Διαγράμματα συσχέτισης κατά την περίοδο του Νοεμβρίου 2012.

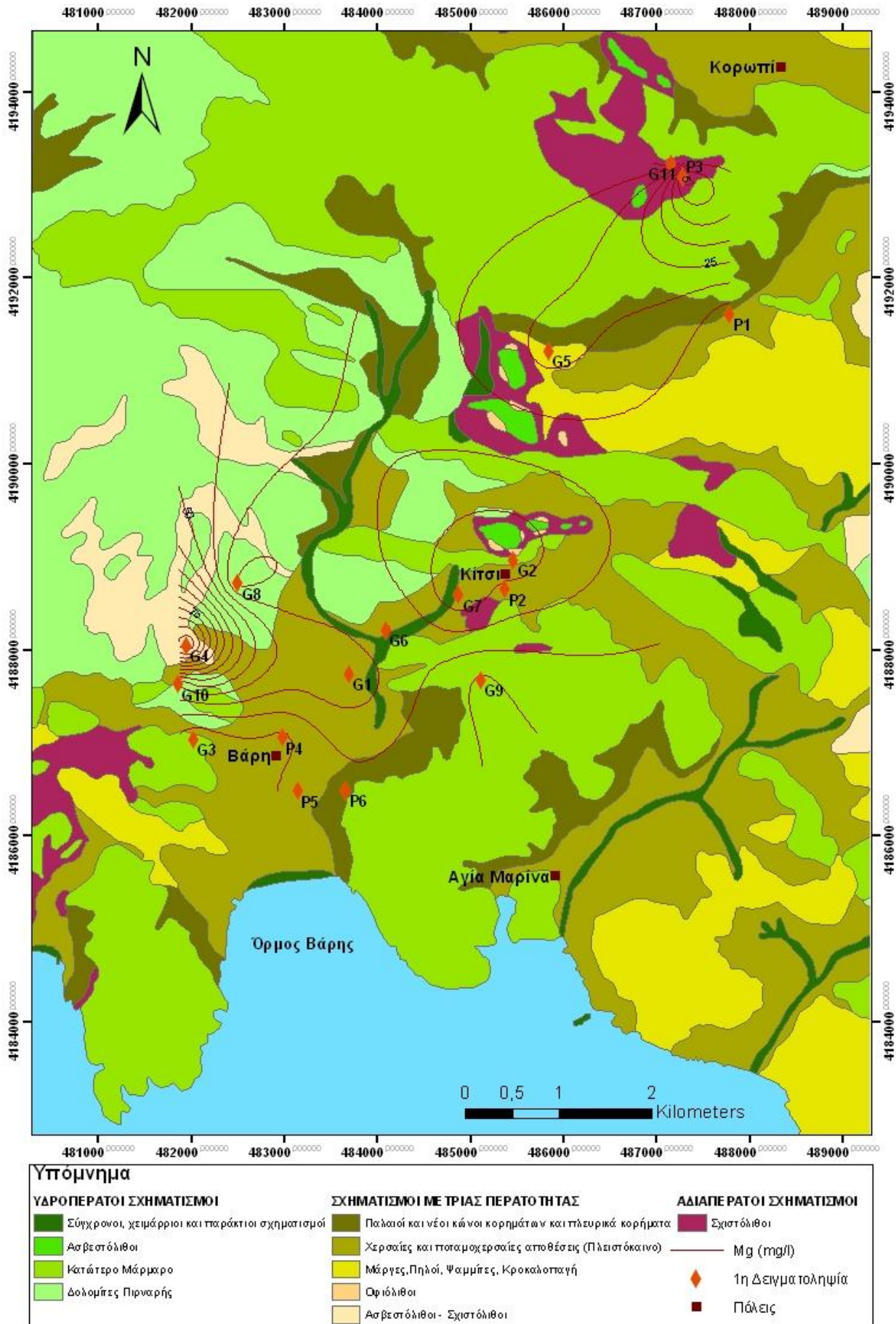




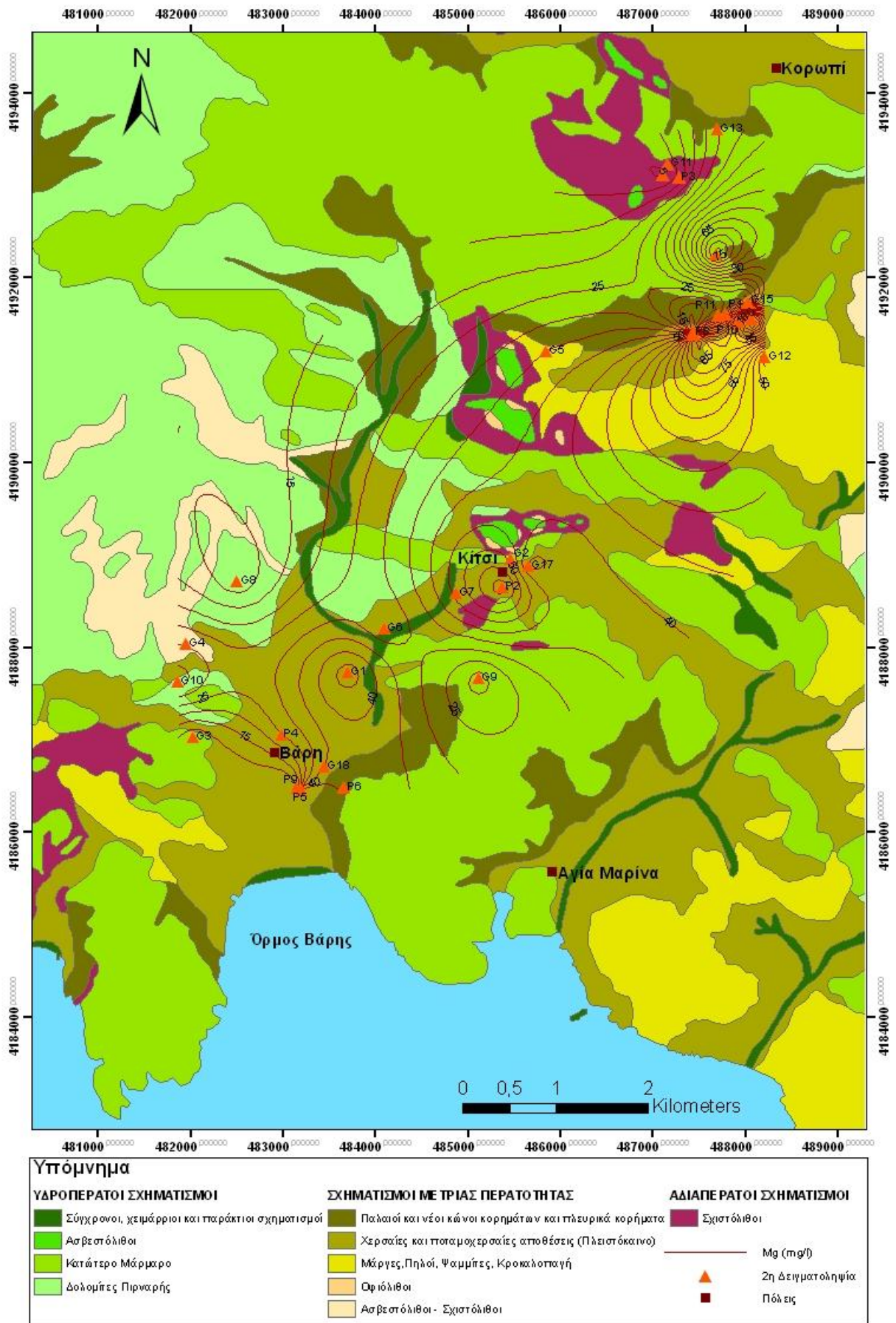
**Χάρτης 1:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του ασβεστίου κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



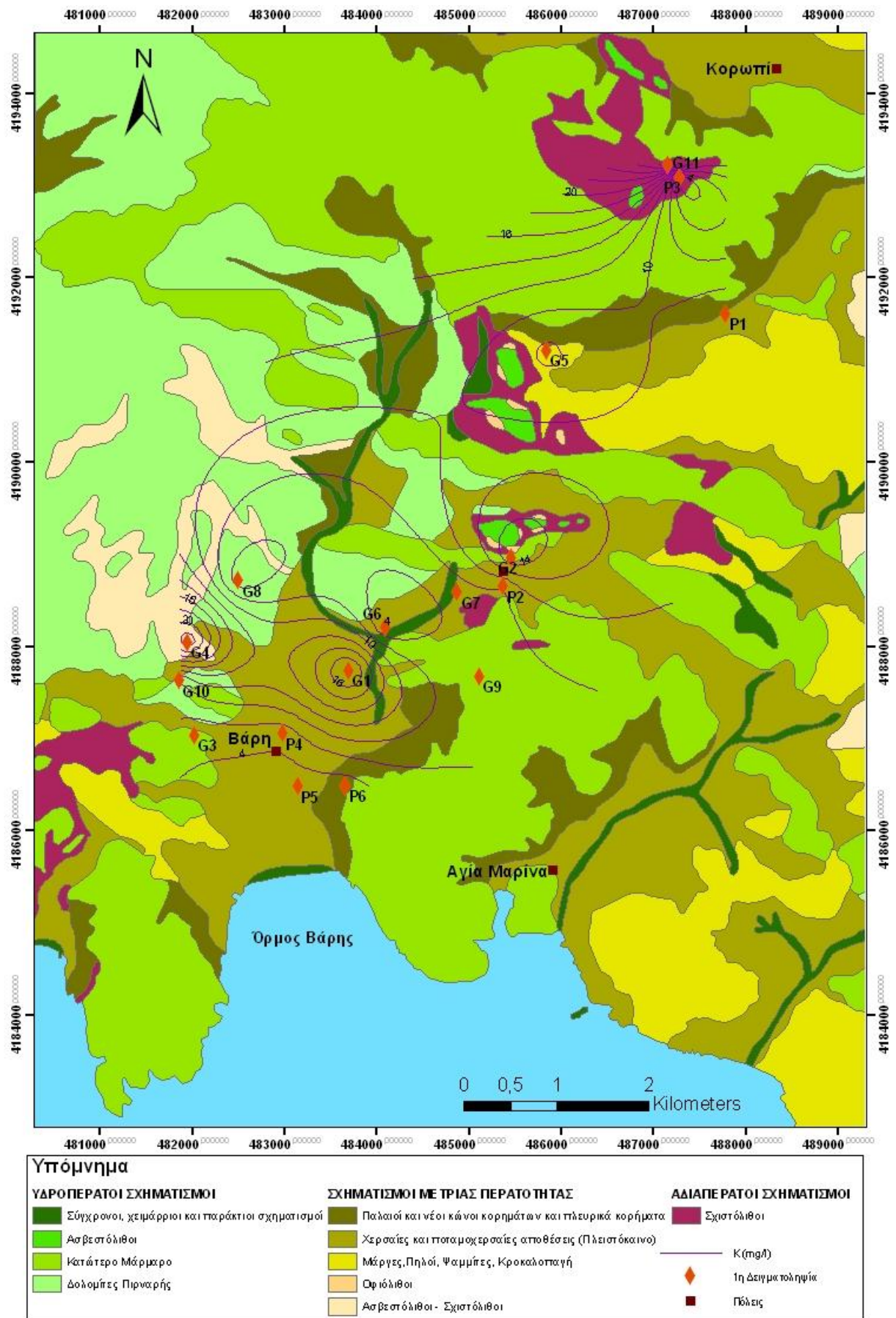
**Χάρτης 2:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του ασβεστίου κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



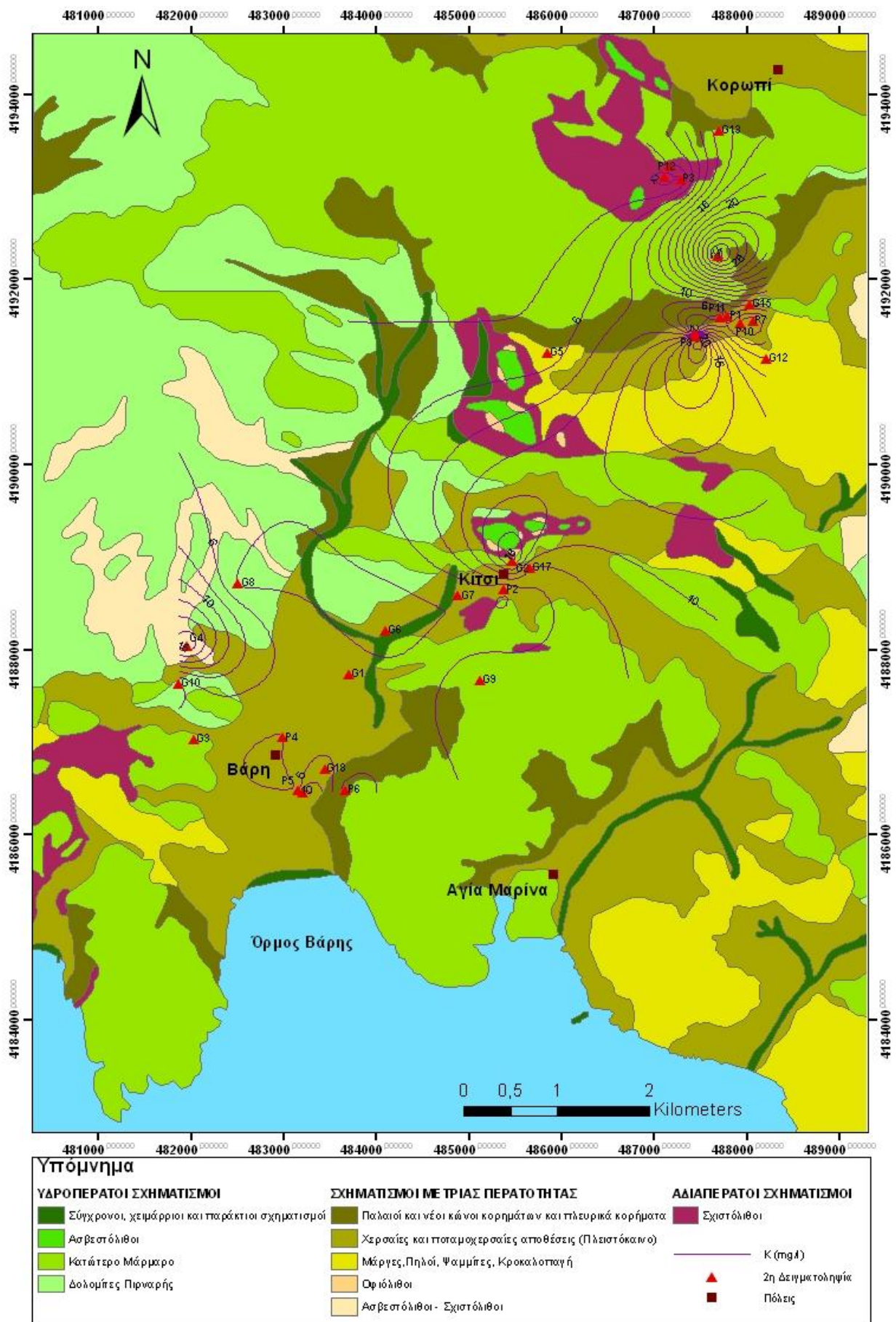
**Χάρτης 3:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του μαγνησίου κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Χάρτης 4:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του μαγνησίου κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

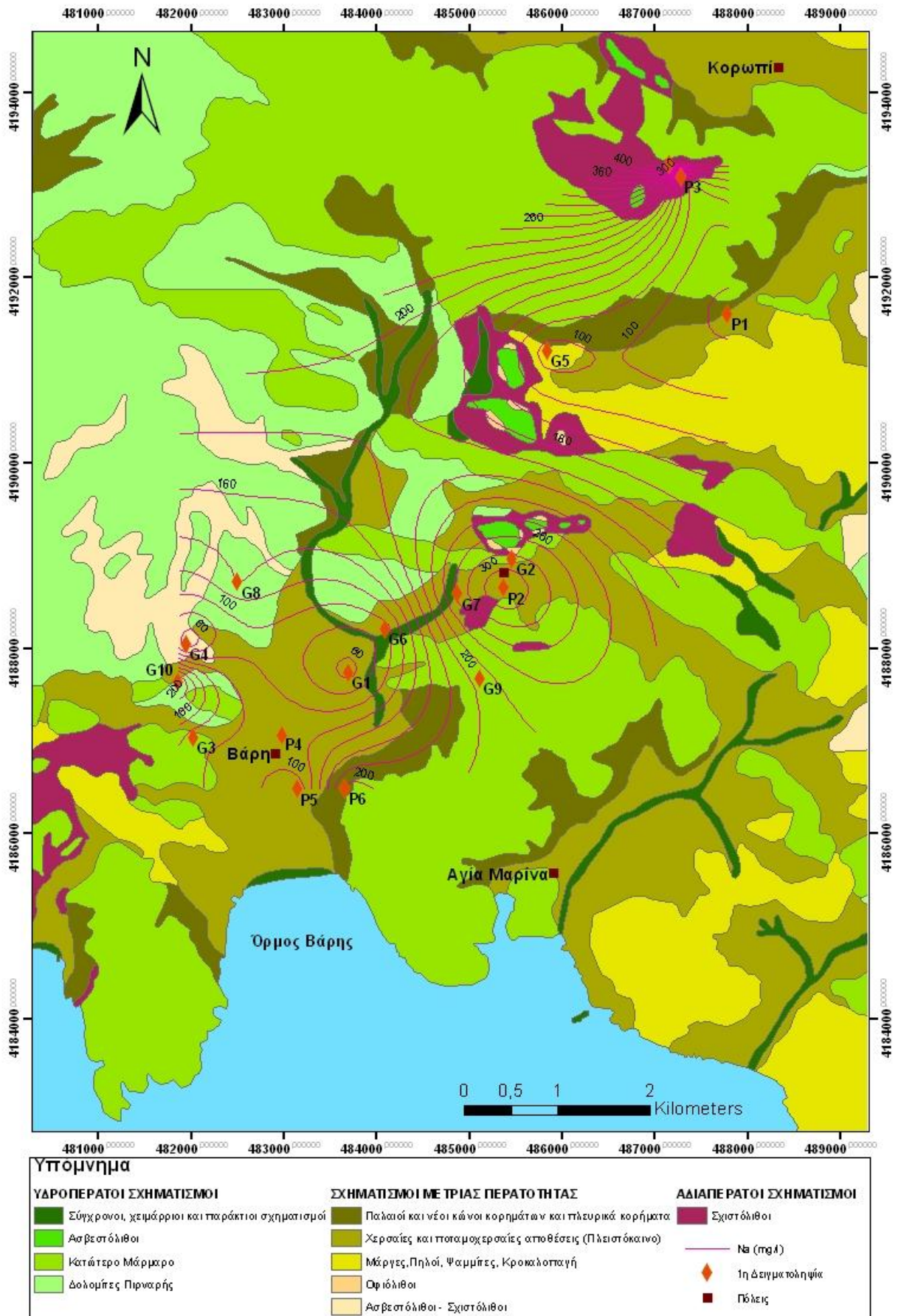


**Χάρτης 5 :** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του καλίου κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

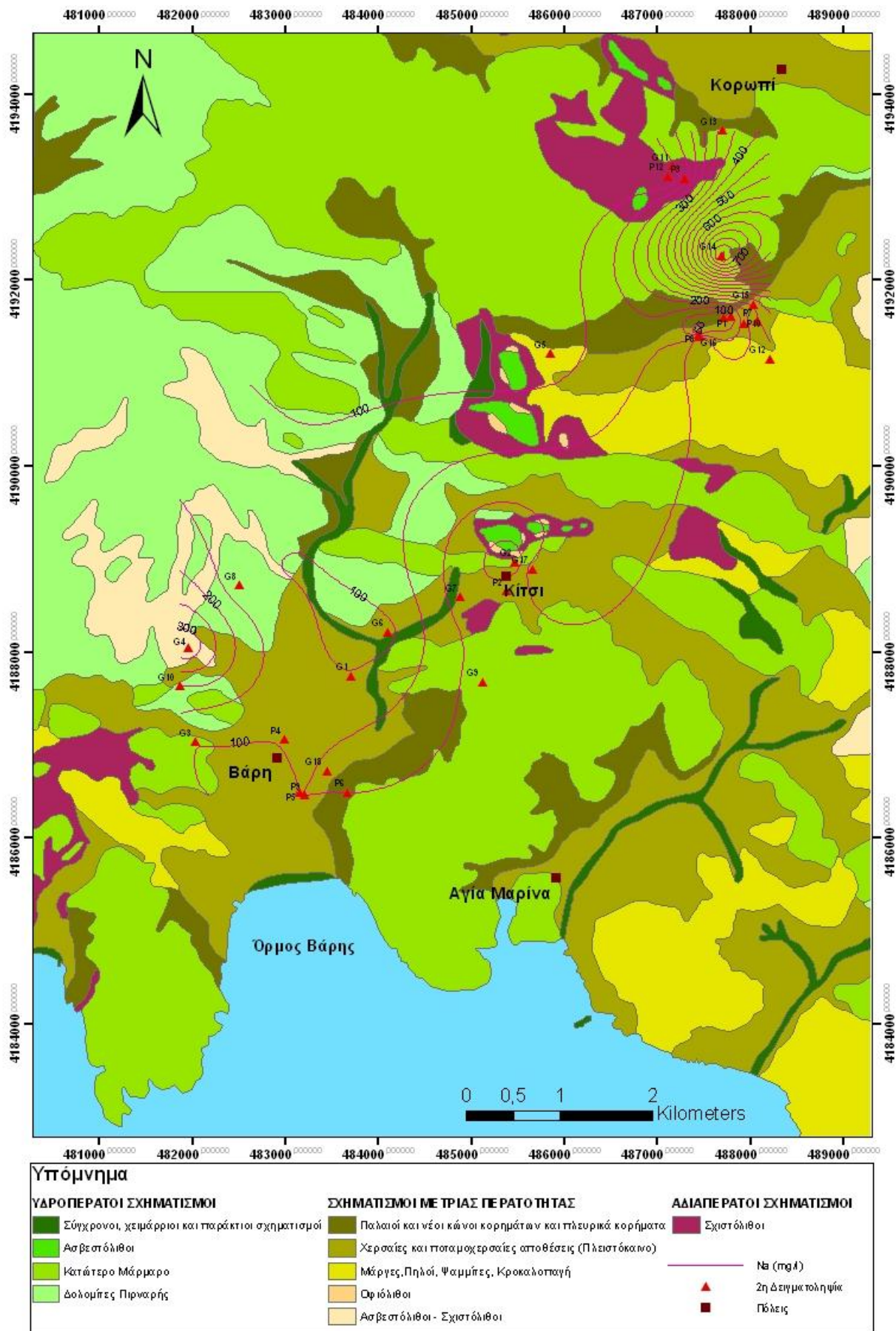


**Χάρτης 6:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του καλίου κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

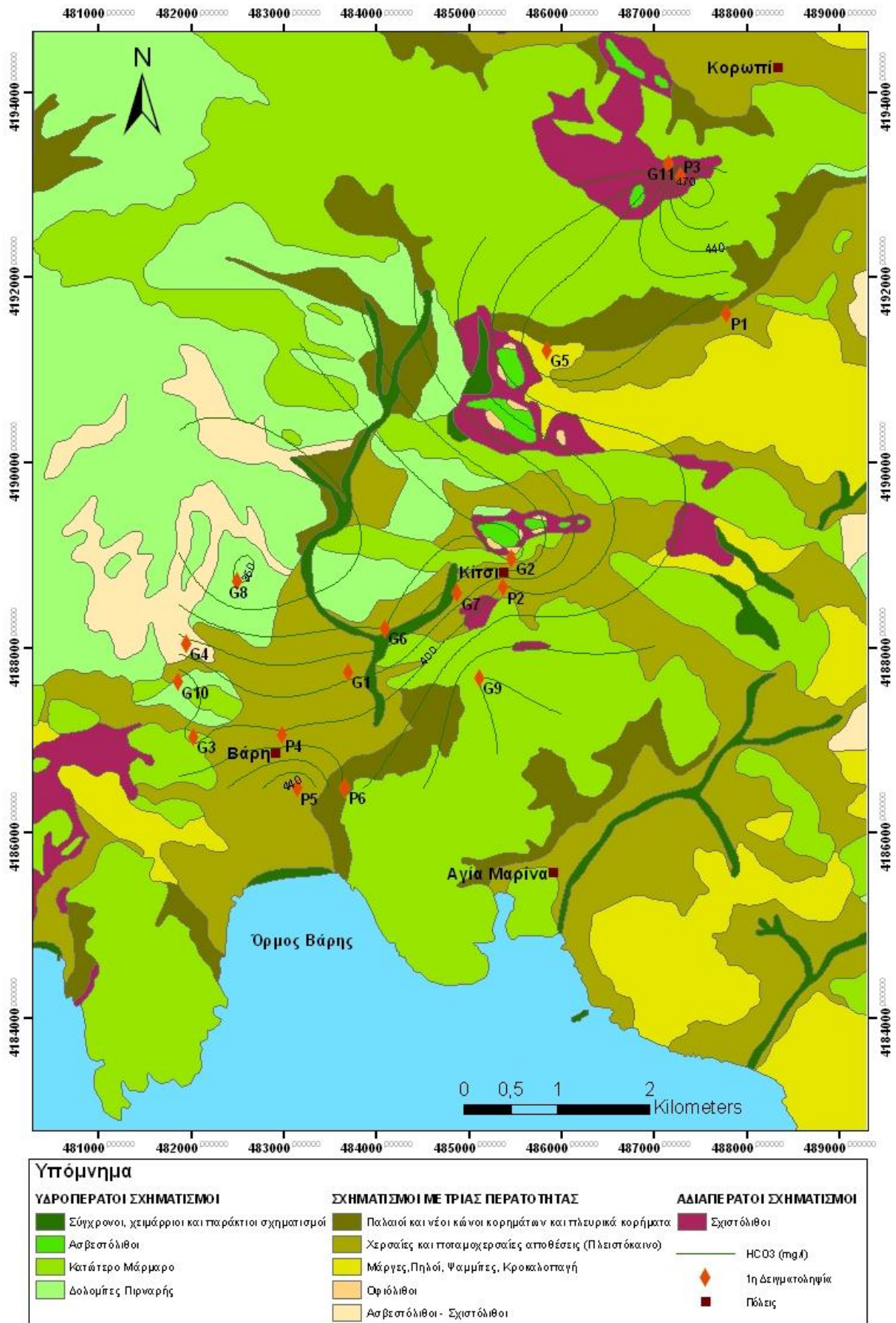




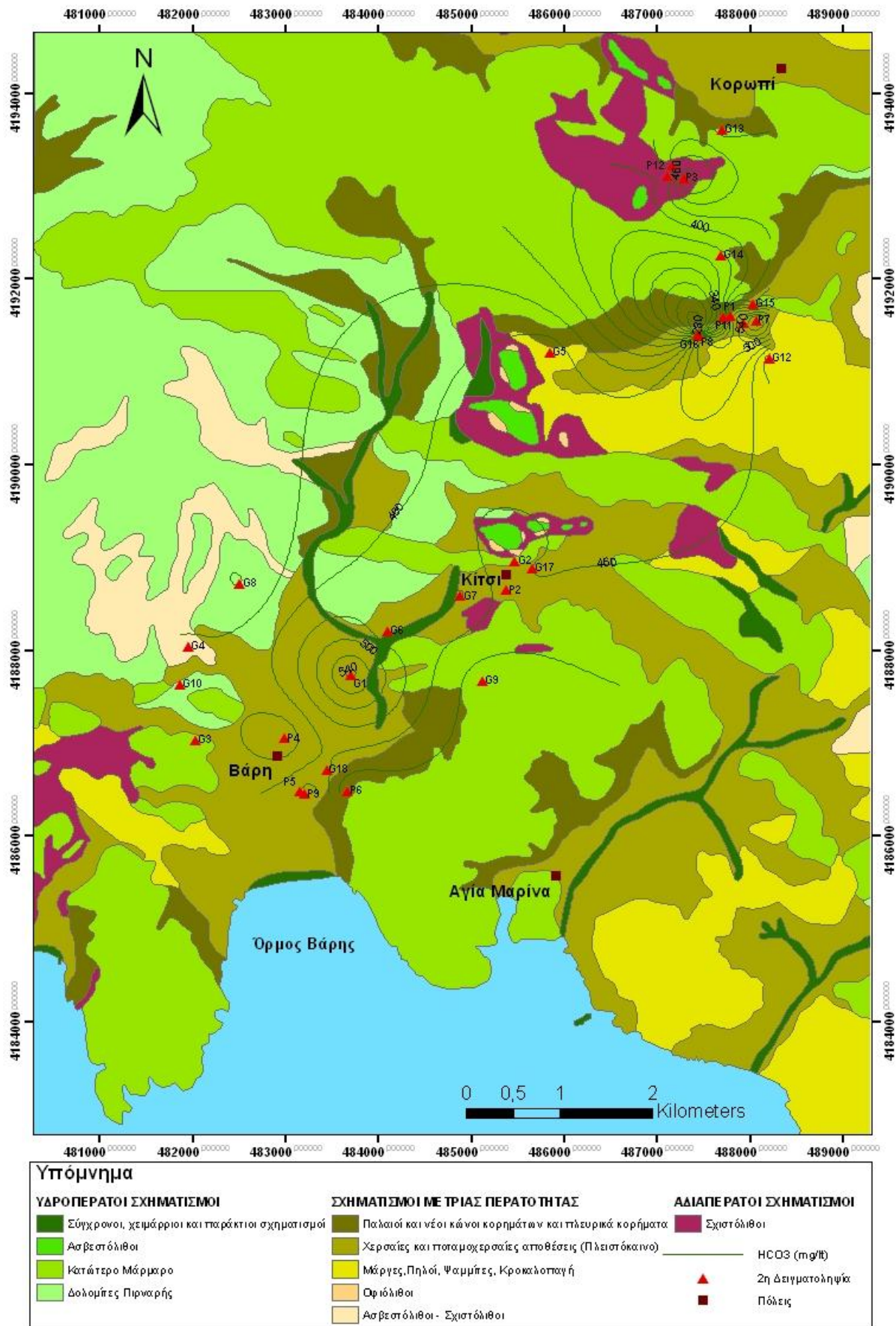
**Χάρτης 7:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του νατρίου κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



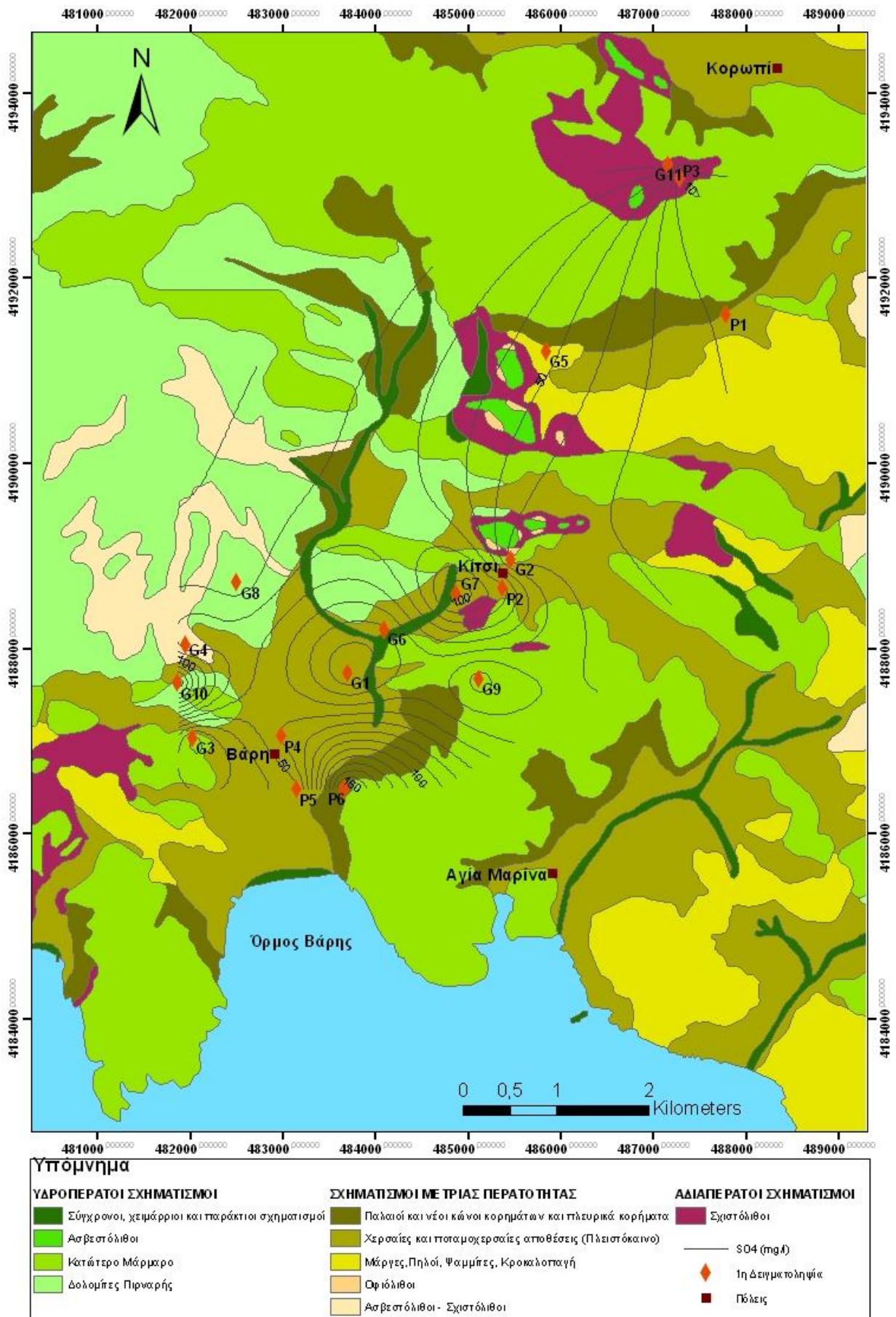
**Χάρτης 8:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή του νατρίου κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



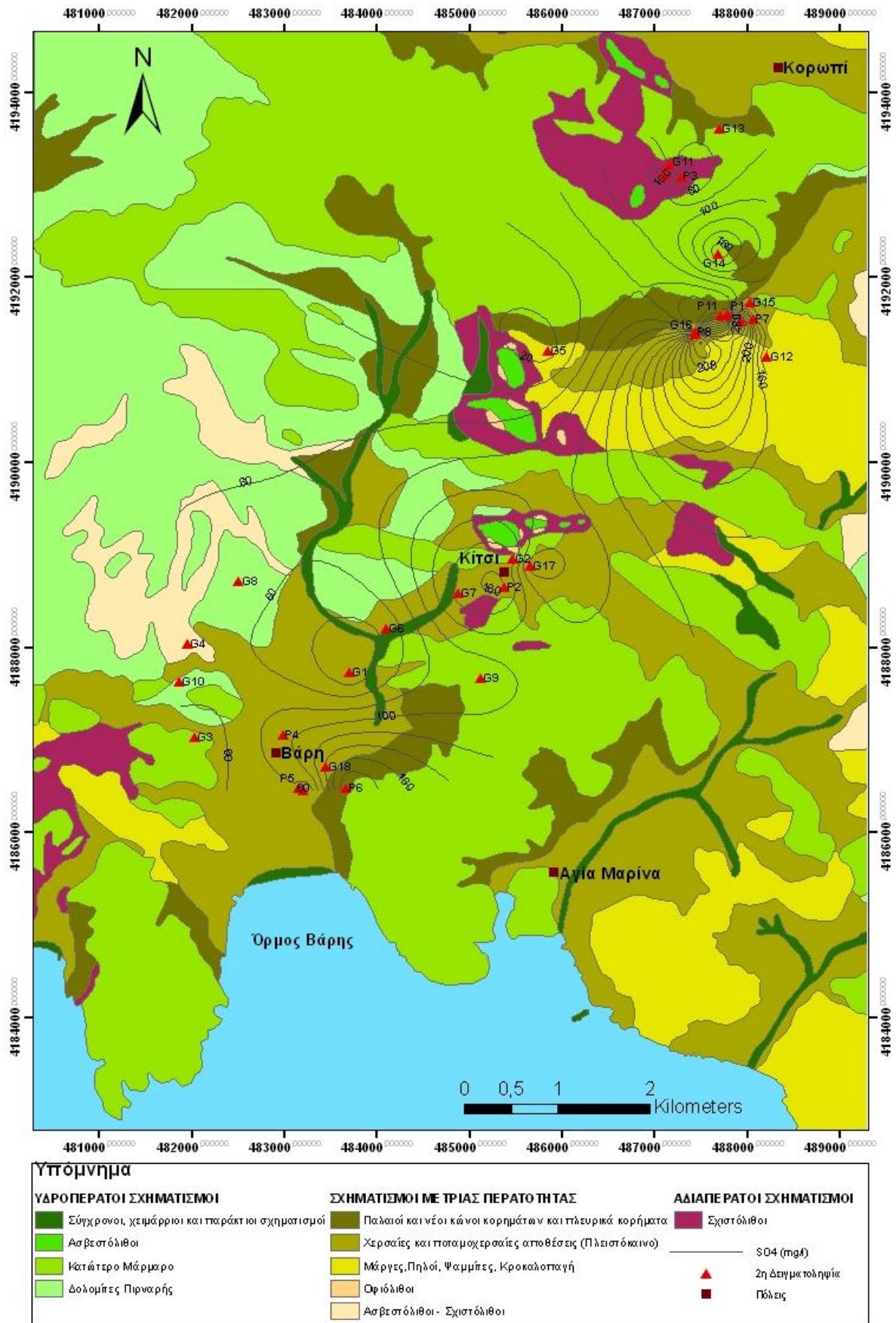
**Χάρτης 9 :** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή των οξυνοανθρακικών κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Χάρτης 10:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή των οξυνοανθρακικών κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Χάρτης 11:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή των θεικών κατά την περίοδο 19-20 Ιουλίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).



**Χάρτης 12:** Υδροχημικός χάρτης με την κατανομή των θεικών κατά την περίοδο 6-7 Νοεμβρίου 2012 (Πηγή ψηφιοποίησης χάρτη: Κουκουβίνος από γεωλογικό χάρτη 1/500.000).

## Παράστημα ΙΙ

**Συλλογή φωτογραφιών...**





**Φωτογραφία 1:** Μερική άποψη της λεκάνης Βάρης . Στο βάθος διακρίνεται το Νότιο τμήμα του όρμου της λεκάνης.



**Φωτογραφία 2:** Μερική άποψη της λεκάνης Βάρης. Στο βάθος διακρίνεται το Ανατολικό τμήμα του όρμου της λεκάνης.



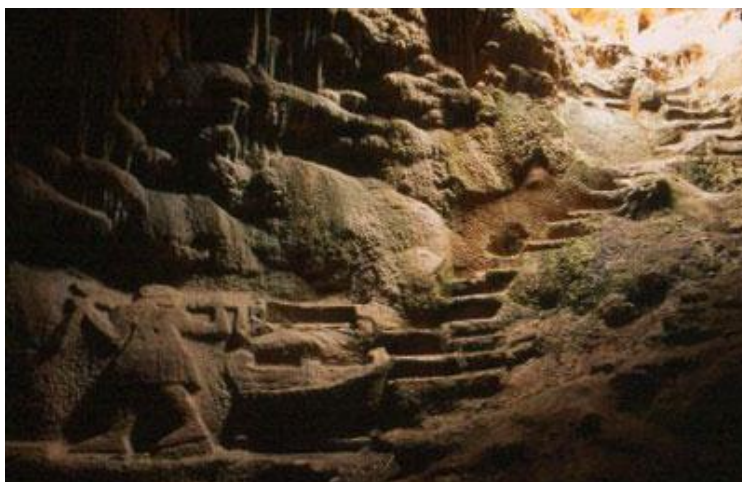
**Φωτογραφία 3:** Παραλία της Βάρκιζας με τις σύγχρονες παράκτιες αποθέσεις (άμμοι)



**Φωτογραφία 4:** Παραλία της Βάρκιζας με τις σύγχρονες παράκτιες αποθέσεις (άμμοι)



**Φωτογραφία 5:** Το σπήλαιο του Νυμφολήπτου στις Νότιες παρυφές του όρους Υμηττού και συγκεκριμένα πάνω από το Πανόραμα της Βούλας (Πηγή από τον Αντώνης Κάτανος).



**Φωτογραφία 6:** Αρχαιολογικό εύρημα Νύμφης (Νεράιδας) καθώς κατεβαίνεις από την είσοδο του σπηλαίου (Πηγή από τον Αντώνης Κάτανος).



**Φωτογραφία 7:** Η είσοδος του σπηλαίου (Πηγή από τον Αντώνης Κάτανος).



**Φωτογραφία 8:** Στο βάθος διακρίνεται ο ορεινός όγκος από το κατώτερο μάρμαρο



**Φωτογραφία 9:** Οι σήραγγες στην λεωφόρο Βάρης –Κορωπίου όπου δεξιά διακρίνεται μια τομή του κατώτερου μαρμάρου.



**Φωτογραφία 10:** Δολομίτης Πιρναρής ερυθρωπού χρώματος δίπλα στο χωριό SOS της Βάρης.



**Φωτογραφία 11:** Δολομίτης Πιρναρής υπόλευκου έως τεφρόλευκου χρώματος στην περιοχή Χέρωμα της Βάρης.



**Φωτογραφία 12:** Σχιστόλιθος Κατώτερου Κρητιδικού στις σήραγγες της λεωφόρου Βάρης- Κορωπίου

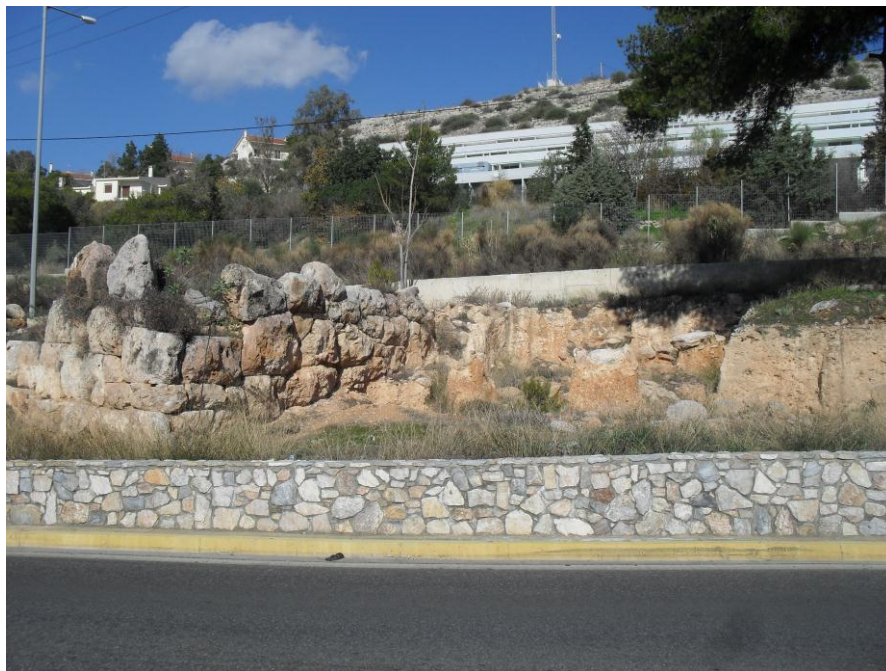


**Φωτογραφία 13:** Σχιστόλιθος Βάρης



**Φωτογραφία 14:** Σχιστόλιθος Βάρης με παρεμβολές από ασβεστολίθους

**Φωτογραφία 15**



**Φωτογραφία 16**



**Φωτογραφίες 15 & 16:** Καστανόχρωμες χερσαίες ποταμοχερσαίες αποθέσεις από συνεκτικούς αργιλοπηλούς. Επίσης διακρίνεται και το αρχαιολογικό εύρημα του αρχαίου Δήμου Αναγυρούντος (Ταφικοί περίβολοι του 4<sup>ου</sup> Π.Χ αιώνα).



**Φωτογραφία 17:** Καστανόχρωμες χερσαίες ποταμοχερσαίες αποθέσεις στην παραλία της Βάρκιζας.



**Φωτογραφία 18:** Αποθέσεις στην κοίτη του χειμάρρου στην παραλία της Βάρκιζας.





**Φωτογραφία 19:** Η εμφάνιση της κατώτερης τεκτονικής ενότητας. Το κόκκινο βελάκι δείχνει τον ασβεστόλιθο ηλικίας Κενομανίου και το ροζ τον σχιστόλιθο ηλικίας Κατώτερου Κρητιδικού, στην περιοχή Κίτσι.